

REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL

Alan Agostini¹, Fillipe Pierote Cani Santos¹, Lucas Vieira Félix¹, Pedro Júnior Zucatelli²

1- Acadêmico de Engenharia Química

2- Doutor – Professor Multivix–São Mateus - ES

RESUMO

As estações municipais de tratamento de águas residuais (ETARs) de hoje são projetadas para remover sólidos, substâncias orgânicas degradáveis e nutrientes (compostos de nitrogênio e fósforo) das águas residuais, contribuindo significativamente para a proteção da água e para a boa qualidade geral das águas superficiais. Neste contexto, o problema de pesquisa deste estudo é a definição do melhor método de tratamento de águas residuais e o objetivo geral deste estudo, utilizando a Revisão Sistemática da Literatura – RSL, foi analisar estudos sobre o tratamento de águas residuais no período de janeiro de 2019 a maio de 2020 e compará-los a fim de definir o método mais eficiente de tratamento. A partir do estudo realizado conclui-se que a *moringa oleifera* como agente coagulante forneceu resultados significativos que o justificam como um coagulante alternativo no processo de coagulação / floculação da água produzida, além de apresentar baixo custo e ambientais material favorável para remover a cor e melhorar a turbidez da água. Já os Processos Oxidativos Avançados (POA) apresentam uma imensa importância nos últimos anos por sua capacidade de remover uma vasta gama de poluentes orgânicos, incluindo poluentes emergentes, mineralizando-os em dióxido de carbono e água em muitos casos, em condições de reação ambientalmente e economicamente viáveis.

Palavras-Chave: Tratamento de água. *Moringa Oleífera*. Água Residual.

ABSTRACT

Today's municipal wastewater treatment plants (WWTPs) are designed to remove solids, degradable organic substances and nutrients (nitrogen and phosphorus compounds) from wastewater, making a significant contribution to water protection and overall good water quality. superficial. In this context, the research problem of this study is the definition of the best method of wastewater treatment and the general objective of this study, using the Systematic Review of Literature - RSL, was to analyze studies on wastewater treatment in the period from January to 2019 to May 2020 and compare them in order to define the most efficient method of treatment. From the study carried out, it is concluded that *moringa oleifera* as a coagulating agent provided significant results that justify it as an alternative coagulant in the coagulation / flocculation process of produced water, in addition to presenting low cost and favorable environmental material to remove color and improve the turbidity of the water. Advanced Oxidative Processes (AOP) have been of immense importance in recent years for their ability to remove a wide range of organic pollutants, including emerging pollutants, mineralizing them into carbon dioxide and water in many cases, under environmentally and reactive conditions. economically viable.

Keywords: Water treatment. *Moringa Oleifera*. Residual water.

1 INTRODUÇÃO

As estações municipais de tratamento de águas residuais (ETARs) de hoje são projetadas para remover sólidos, substâncias orgânicas degradáveis e nutrientes (compostos de nitrogênio e fósforo) das águas residuais, contribuindo significativamente para a proteção da água e para a boa qualidade geral das águas superficiais.

Segundo Pinto (2018) as águas residuais são todas as águas descartadas que resultam da utilização para diversos processos, de acordo com sua origem possuem dois grandes tipos de águas: as domésticas e as industriais. As domésticas são resultado da atividade habitacional podendo ser águas fecais ou negras e saponáceas, já as industriais resultam de processos de fabricação de diversos estabelecimentos. As suas características são função do tipo e processo de produção que podem gerar em casos específicos bactérias, vírus e diversas substâncias químicas e metais pesados.

A resolução CONAMA 430/2011, artigo 3º, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento. Assim, cabe as empresas se adequar à essa realidade, buscando reduzir os impactos ambientais gerados.

Os tratamentos primário e secundário removem a maioria da matéria orgânica e dos sólidos em suspensão encontrados nas águas residuais, além de algumas substâncias potencialmente perigosas presentes em concentrações vestigiais. No entanto, micropoluentes, como drogas, detergentes e produtos para cuidados pessoais, não são facilmente degradáveis. Sua liberação das ETARs é atualmente um dos maiores riscos para os corpos d'água, pois são possíveis efeitos nocivos para os organismos aquáticos e todo o ecossistema pode estar ameaçado (BÖHLER *et al.*, 2012).

A concentração de microrganismos no lodo normalmente diminui durante os tratamentos de águas residuais, mas os tanques biológicos onde os processos degradativos são realizados, representam um ambiente potencialmente adequado para o desenvolvimento e a propagação da resistência a antibióticos. De fato, nesse ambiente, caracterizado pela mistura contínua entre muitos microrganismos e poluentes, em particular antibióticos que estão presentes em concentrações

subinibitórias, as bactérias podem sofrer mutações e trocar determinantes de resistência por transferência plasmídica, transdução por bacteriófagos e transformação. Como resultado, as ETAR convencionais descarregam quantidades importantes de bactérias resistentes a antibióticos (ARB) e genes de resistência a antibióticos (ARGs) em corpos d'água naturais, apesar de sua eficácia na redução de nutrientes e na concentração bacteriana total. Portanto, a fim de limitar a disseminação da resistência a antibióticos, devem ser adotados tratamentos capazes de eliminar ou pelo menos reduzir os ARGs, ARB e patógenos da saída da ETAR (BÖHLER *et al.*, 2012).

Assim, é necessária a implementação de etapas avançadas de tratamento para reduzir a liberação de micropoluentes nas águas superficiais. Muitas metodologias são investigadas, uma vez que demonstraram ser adequadas para implementação em escala industrial em termos de eficiência, custos e requisitos de energia como: oxidação e adsorção do ozônio em carvão ativado granular ou em pó (PAC). Estudos e ensaios piloto mostraram que ambos os processos adicionais de tratamento melhoram significativamente a qualidade das águas residuais tratadas em relação aos micropoluentes e seus efeitos indesejados. Além disso, esses tratamentos contribuem para diminuir o número de bactérias a um nível que atenda aos padrões higiênicos em vigor para as águas balneárias em lagos e rios (ZHANG *et al.*, 2018).

Outros compostos também são utilizados como os metabólitos vegetais na fabricação de nanopartículas de metal e óxido de metal, que mostraram propriedades antimicrobianas eficazes. As sementes trituradas também são capazes de atrair e aderir rapidamente a bactérias e vírus encontrados em água contaminada e turva. Um estudo comparativo também foi realizado com a captação de águas pluviais na superfície e sua purificação usando extratos de sementes e sulfato de alumínio. As sementes também mostraram atividade antimicrobiana. A maioria dos trabalhadores relatou o uso de extratos de folhas ou cascas em outros lugares, enquanto o uso científico e eficaz de pó de sementes secas de *M. oleifera* para purificação de água e eficácia antibacteriana (ZHANG *et al.*, 2018).

Neste contexto, o problema de pesquisa deste estudo é a definição do melhor método de tratamento de águas residuais e pretende responder a seguinte pergunta: Qual o método mais eficiente e estratégico para o tratamento de águas residuais dentre as metodologias utilizadas em estudos científico publicados nos anos de

2019 e 2020? Assim, para responder o seguinte questionamento o objetivo geral deste estudo, utilizando a Revisão Sistemática da Literatura – RSL, foi analisar estudos sobre o tratamento de águas residuais no período de janeiro de 2019 a maio de 2020 e compará-los a fim de definir o método mais eficiente de tratamento. Os objetivos específicos foram: reunir os estudos no período selecionado e analisar as metodologias utilizadas; descrever quais achados de cada uma das metodologias, e comparar os diferentes métodos a fim de recomendar o melhor tratamento utilizado de acordo com estes estudos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MÉTODOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

2.1.1 Carvão Ativado Granular (CAG) e Carvão Ativado em Pó (CAP)

O CAG é normalmente utilizado em uma estação de tratamento de água após os processos de coagulação e sedimentação e, geralmente, após etapas preliminares de desinfecção durante as quais as reações químicas podem ocorrer. Além disso, a água é frequentemente desinfetada antes de passar pelos adsorventes do CAG, a fim de impedir crescimentos biológicos incômodos. Em muitos casos, o carvão ativado funciona como um meio filtrante granular para remover partículas (LOHBERGER; COSTE; SANGLARD, 2014).

Após o tratamento de um suprimento de água com o CAG, a pós-desinfecção geralmente é usada para reduzir o número total de bactérias, algumas das quais podem estar presentes devido ao crescimento microbiano nos adsorventes. Desinfetante suficiente é geralmente aplicado para garantir um resíduo no sistema de distribuição para evitar a contaminação da água. A pós-desinfecção é usada além da pré-desinfecção, porque os oxidantes aquosos usados nas etapas preliminares de desinfecção geralmente são eliminados por reação com o CAG (LOHBERGER; COSTE; SANGLARD, 2014).

Em certos casos, algumas resinas sintéticas podem servir como substitutos do CAG ou podem ser usadas em conjunto com o CAG para fornecer a qualidade desejada da água. A principal diferença entre as resinas e o CAG é que as resinas são regeneradas pela aplicação de soluções aquosas de ácidos, bases e / ou sais, ou de solventes não aquosos ou vapor, enquanto o CAG geralmente é regenerado

termicamente. Em geral, as resinas geralmente requerem uma etapa de pré-tratamento que depende da natureza das resinas. O carvão ativado em pó (CAP) agora é mais comumente utilizado no Brasil do que o CAG. Geralmente, ele é adicionado para controlar o sabor e o odor em pontos da estação de tratamento de água, desde a entrada de água até o filtro de areia rápido. O CAP é removido na bacia de sedimentação ou pelo filtro de areia rápido. Nenhuma tentativa é feita para regenerá-lo durante o tratamento da água. Se o CAP pode ser usado para remover produtos orgânicos que não sejam aqueles que causam sabor e odor ofensivos, é necessário um exame mais detalhado (WOLFF *et al.*, 2018).

Vários tipos de CAG e CAP estão disponíveis comercialmente como resultado de variações nas matérias-primas e nos processos de fabricação. Como os tipos de contaminantes orgânicos variam muito de local para local, o melhor carbono para uma aplicação pode não ser o melhor em outra. Conseqüentemente, testes comparativos para uma determinada fonte de água são obrigatórios. Os compostos químicos que entram em um processo de tratamento de água por adsorção consistem em materiais húmicos de alto peso molecular, compostos orgânicos de menor peso molecular de origem natural ou industrial e produtos de tratamento anterior, como cloração ou ozonização. Uma porção dos produtos químicos pode ser removida pelo processo de clarificação e / ou sorvida pelo adsorvente ou qualquer floco microbiano dentro do leito de adsorvente. Alguns compostos podem ser não adsorvíveis ou apenas muito pouco adsorvíveis (WOLFF *et al.* 2018).

Os compostos químicos que saem do processo de tratamento de adsorção podem ser os mesmos produtos químicos que entraram na planta, ou podem ser produtos de reação química ou ação microbiana no sistema. Os compostos orgânicos podem aparecer no efluente de uma coluna de adsorção porque os locais de adsorção disponíveis estão saturados ou porque são deslocados dos locais de adsorção por outros orgânicos. Como a adsorção geralmente é reversível, os compostos adsorvidos podem desorvir e aparecer no efluente quando as concentrações de influentes desses compostos diminuem. Esses fenômenos podem levar ao aparecimento de uma concentração maior de um composto no efluente do que no influente. Assim, a variabilidade qualitativa e quantitativa da mistura de orgânicos que entra em um processo de adsorção afeta a qualidade da água que pode ser produzida por ele (WOLFF *et al.*, 2018).

Dessa maneira, a quantidade de PAC pode ser reduzida em 15 a 20%, mantendo um efeito positivo na sedimentação dos flocos de lodo ativado. Por outro lado, o PAC usado apresenta micropoluentes adsorvidos como antibióticos e uma alta concentração de bactérias, inclusive resistentes a antibióticos, que serão misturadas ao lodo ativado por reciclagem. Isso pode levar a uma seleção e, possivelmente, a um aumento de BRA nas lamas e nas águas de efluentes depurados. A eficácia do carvão ativado na redução de antibióticos das águas residuais foi amplamente comprovada (Meinel *et al.* 2016).

2.1.2 *Moringa oleífera*

Os processos de coagulação e floculação têm sido amplamente utilizados no tratamento de água. Coagulantes comuns, como sulfato de alumínio e sal de ferro, geralmente são caros e afetam a saúde humana. Muitos estudos foram relatados sobre a relação entre a doença de Alzheimer e o alumínio redundante. Conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde, a quantidade de alumínio na água potável não deve exceder 0,2 mg/L. Além disso, o uso de coagulantes químicos leva a uma mudança de pH (alcalino na água após o tratamento), à formação de lodo não biodegradável e à remoção incompleta de compostos tóxicos na água (VALVERDE *et al.*, 2014). Outra desvantagem é o alto custo do tratamento da água para os países pobres e em desenvolvimento, dificultando o fornecimento de água potável e o tratamento da água. Portanto, os coagulantes naturais estão oferecendo novas possibilidades na busca por tecnologias sustentáveis de tratamento de água (JUNG *et al.*, 2018).

Moringa oleífera é uma planta tropical pertencente à família das *Moringaceae*. Suas sementes demonstraram ser um dos principais bio-coagulantes mais eficazes para tratamento de água, incluindo a turbidez das águas superficiais, álcalis, contaminantes orgânicos por demanda biológica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO) nas águas residuais municipais, e águas residuais industriais, incluindo têxteis (VILASECA *et al.*, 2014), fermentação de café (GARDE *et al.*, 2017), águas residuais farmacêuticas (ERI *et al.* 2018), microalgas (CAMACHO *et al.*, 2017), protozoários (PETERSEN *et al.*, 2016), *coliforme* total (NGUYEN 2016) e *Escherichia coli* (DASGUPTA *et al.*, 2016).

Muitos estudos descreveram os mecanismos predominantes de redução tóxica utilizando *Moringa oleifera* para adsorção, neutralização de carga e partículas desestabilizantes entre as proteínas catiônicas de *Moringa oleifera* e o colóide da água. As sementes foram determinadas como proteínas catiônicas com baixo peso molecular variando de 6 a 16 kDa com ponto isoelétrico acima de pI 10. Os aminoácidos nas sementes de *Moringa oleifera* incluem glutamina, arginina e prolina, com um total de 60 outros resíduos. O peptídeo de proteína auxilia oito aminoácidos carregados positivamente (7 argininas e 1 histidina) e 15 resíduos de glutamina (CAMACHO *et al.*, 2017).

Baptista *et al.* (2017) extraíram a *Moringa oleifera* proteínas e determinou que a globulina apresentou o melhor desempenho, promovendo alta eficiência de turbidez e redução de cor em águas de baixa turbidez. Além disso, é capaz de remover microorganismos devido à consistência do antioxidante e antimicrobiano. Extratos de sementes de *Moringa oleifera* foram observados contra *S. aureus*, *E. coli* e *V. cholerae* na água do viveiro de camarões. Além disso, biofilmes de microrganismos de interesse clínico foram removidos por sementes de *Moringa oleifera*, como *S. aureus* e *P. aeruginosa* e levedura *C. albicans*. Os biocompostos mais provavelmente envolvidos nessa atividade são saponinas, taninos, isotiocianatos e compostos fenólicos, como alcalóides, principalmente flavonóides, que existem em altas concentrações nas sementes.

Estudos iniciais estudaram apenas sementes esmagadas de *Moringa oleifera* pós remover o revestimento e as asas e triturar para clarificar a água sintética da turbidez. No entanto, essas substâncias tiveram resultados efetivos em alta e média turbidez (≤ 200 NTU). Assim, o desenvolvimento de métodos de extração de derivados foi investigado. Água destilada, sais e solventes foram utilizados para extrair o composto ativo de *Moringa oleifera* antes de tratar os poluentes nas águas residuais. Solução de cloreto de sódio foi utilizada para extrair proteínas das sementes de *Moringa oleifera*. Verificou-se que esta substância possui uma capacidade de coagulação 7,4 vezes maior do que a água destilada, devido ao aumento das dissociações de proteínas e solubilidade de proteínas na coagulação. Madrona *et al.* (2010) descreveram que a redução na cor e turbidez da água aquosa pelo extrato de *Moringa oleifera*, preparada com solução de cloreto de potássio (KCl), foi mais eficiente do que com água destilada. A maioria dos métodos

de extração para sementes de *Moringa oleifera* foi o extrato de óleo por extração com solvente, como o hexano, etanol e acetona.

De acordo com Cao *et al.* (2017), ECAS incluindo católito e anólito foram utilizados para a extração de gelatina de peles de peixes. O uso do ECAS é um método ecológico e eficaz. Conforme mencionado nesta pesquisa, a extração proteica de *Moringa oleifera* sementes tem melhorado essa utilização do ECAS como solvente extraído após a etapa de extração de óleo pelo n-hexano. A proteína das sementes de *Moringa oleifera* foi dissolvida aproximadamente no ECAS, depois precipitada e seca. Este produto extraído raramente é biodegradado por microorganismos devido ao antioxidante do ECAS.

Esses autores mostraram que as sementes de *Moringa oleifera* eram mais eficientes que o PAC no tratamento de água com alta turbidez. Por outro lado, o PAC teve um resultado melhor para a purificação em baixa turbidez, enquanto o bolo de prensagem desengordurado das sementes de *Moringa oleifera* mostrou-se mais eficaz do que os agentes comerciais de coagulação PAC para tratar o corante preto 19 em pH 5-8 a qualquer temperatura. Assim, é necessário investigar o uso do extrato de sementes de *Moringa oleifera* e a diferença entre *Moringa oleifera* sementes e o coagulante comercial PAC para tratar águas superficiais e águas residuais. O uso de um bio-coagulante baseado em plantas como sementes de *Moringa oleifera* ajudaria práticas ambientais econômicas sustentáveis, apresentando grandes benefícios como biodegradabilidade, baixo índice de formação de lodo residual e não toxicidade, natureza não corrosiva e aproveitamento para o tratamento de água e esgoto ajudaria a reduzir a dependência química (OLADOJA, 2014).

2.1.3 Processos Oxidativos Avançados

Os processos avançados de oxidação (AOPs) foram propostos pela primeira vez para o tratamento de água potável na década de 1980, que são definidos como os processos de oxidação que envolvem a geração de radicais hidroxila (OH) em quantidade suficiente para efetuar a purificação da água. Posteriormente, o conceito de AOP foi estendido aos processos oxidativos com radicais sulfato. Diferente dos oxidantes comuns, como cloro e ozônio, que têm um duplo papel de descontaminação e desinfecção, os AOPs são aplicados principalmente para a

destruição de contaminantes orgânicos ou inorgânicos na água e nas águas residuais. Embora a inativação da AOP de patógenos e indicadores patogênicos tenha sido estudada, eles raramente são empregados para desinfecção porque esses radicais têm meia-vida muito curta (da ordem de microssegundos), de modo que os tempos de detenção necessários para desinfecção são proibitivos devido a concentrações radicais extremamente baixas. Quando os AOPs são aplicados no tratamento de águas residuais, espera-se que esses radicais, como um poderoso agente oxidante, destruam suficientemente os poluentes das águas residuais e os transformem em produtos menos e até não-tóxicos, fornecendo assim uma solução definitiva para o tratamento de águas residuais (TORRENS, 2013).

O radical hidroxila é o agente oxidante mais reativo no tratamento da água, com potencial de oxidação entre 2,8 V (pH 0) e 1,95 V (pH 14) vs. SCE (eletrodo de calomel saturado, o eletrodo de referência mais utilizado). OH é não seletivo no seu comportamento e reage rapidamente com numerosas espécies com as constantes de velocidade da ordem de lei da cinética da reação $k = 10^8 \text{ a } 10^{10} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Os radicais hidroxila atacam poluentes orgânicos através de quatro vias básicas: adição de radical, abstração de hidrogênio, transferência de elétrons e combinação de radicais. Suas reações com compostos orgânicos produzem radicais centrados no carbono (R ou R-OH). Com O_2 , esses radicais do centro de carbono podem ser transformados em radicais orgânicos peroxil (RO_2). Todos os radicais ainda reagir acompanhada com a formação das espécies mais reativas tais como H_2O_2 e superóxido (O_2^-), levando à degradação química e mesmo mineralização destes compostos orgânicos. Porque os radicais hidroxilo tem um muito curto tempo de vida, eles são apenas produzido *in loco* durante a aplicação, através de diferentes métodos, incluindo uma combinação de agentes de oxidação (tais como H_2O_2 e O_3), de irradiação (tal como luz ultravioleta ou ultrassom), e catalisadores (como Fe^{2+}). Os mecanismos de geração de radicais hidroxila das principais AOPs para tratamento de águas residuais são resumidos resumidamente abaixo (IKAI et al., 2010).

O $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ em si é um oxidante forte com um potencial de oxidação padrão (E°) de 2,01 V. Uma vez ativada pelo calor, a irradiação ultravioleta (UV), metais de transição ou pH elevado, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ pode formar radicais sulfato mais poderosos (SO_4^- , $E^\circ = 2,6\text{V}$) iniciar processos de oxidação avançados baseados em radicais sulfato. O pH elevado também pode ativar o persulfato, mas os mecanismos relevantes

ainda não são claros]. Em um método de persulfato ativado termicamente, a temperatura aplicada varia amplamente entre 35 e 130°C. Com a mesma concentração molar de persulfato, o método de ativação de metal gera apenas 50% de um rendimento de radical sulfato produzido a partir do método de persulfato ativado por calor ou por UV. Portanto, o método de ativação de metal não é teoricamente eficiente. Os metais usados com mais frequência incluem íons ferroso (Fe (II)) e férrico (Fe (III)), embora outros metais tenham demonstrado capacidade de ativação, como Cu (I) e Ag (I) (DENG; EZYSKE, 2011).

Semelhante aos radicais hidroxila, os radicais sulfato são espécies altamente reativas com uma vida útil curta, embora ambas as espécies radicais tenham padrões de reação diferentes. Os radicais hidroxila adicionam preferencialmente às ligações C = C ou abstraem H das ligações C-H durante suas reações com compostos orgânicos. Por outro lado, os radicais sulfato tendem a remover elétrons de moléculas orgânicas que são subsequentemente transformadas em cátions de radicais orgânicos (DENG; EZYSKE, 2011).

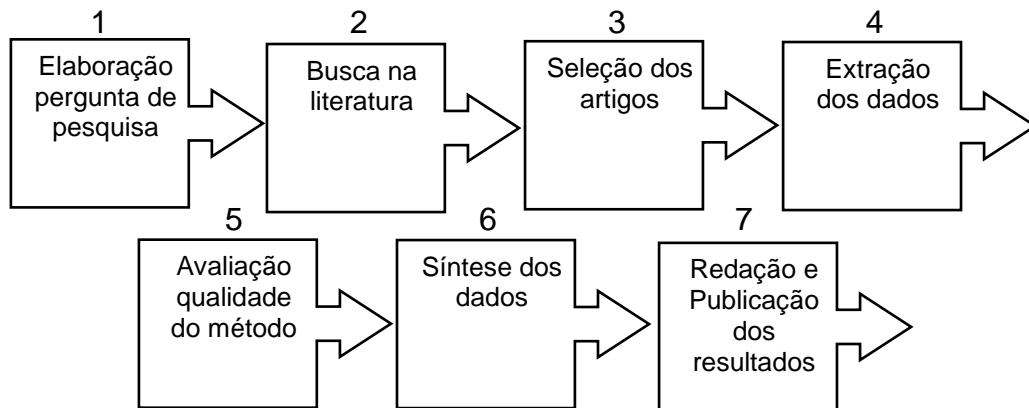
3 METODOLOGIA

O protocolo de estudo é de revisão sistemática da literatura (RSL) e foi realizado para determinar a eficácia dos sistemas de tratamento de águas residuais, pesquisando artigos e trabalhos publicados em repositórios como por exemplo, *Scopus*, *ScienceDirect*, *Pantheon* (UFRJ), Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp e em revistas científicas, *Bioresource Technology*, *Analytica*, *Revista Virtual de Química* e *Revista de Química Industrial*.

A RSL tem como objetivo resumir toda a informação existente sobre um fenômeno com imparcialidade e de forma completa, através de métodos claros de pesquisas de referências bibliográficas. Segundo Brizola e Fantin (2016), para elaborar uma RSL os pesquisadores devem possuir familiaridade com o tema pesquisado, considerando que no decorrer da pesquisa podem surgir problematizações que contribuam na contextualização do tema.

Para construção da presente RSL foi empregado elementos do roteiro de pesquisa conforme a (Figura 1) a saber: (1) elaboração da pergunta de pesquisa; (2) busca na literatura; (3) seleção dos artigos; (4) extração dos dados; (5) avaliação da qualidade metodológica; (6) síntese dos dados e (7) redação e publicação dos resultados.

Figura 1 - Elementos do roteiro de pesquisa



Fonte: Produzido pelos autores

As bases de dados da pesquisa foram utilizadas individualmente, pois as buscas em várias bases simultaneamente não produziram resultados confiáveis e eram difíceis de serem sistematizados. A estratégia foi elaborada de acordo com a especificidade do tema proposto desse artigo, as palavras-chave utilizadas escolhidas foram: 'águas residuais' ou 'tratamento de águas residuais' ou 'efluentes' ou 'eliminação de esgotos' ou 'eliminação de águas residuais' e 'tratar' ou 'remover'.

Os dados foram coletados desde o início de 2019 até maio de 2020. A pesquisa foi realizada verificando todos os artigos publicados. Dessa forma, os resumos de todos os artigos publicados foram revisados no período de 1 ano e 5 meses (2019/2020).

Os critérios de inclusão para este estudo incluíram o ano de publicação, tipo de amostras de águas residuais (águas residuais municipais, águas residuais domésticas, águas residuais hospitalares), número de amostras (mais de 5 amostras de águas residuais), procedimentos de tratamento (tipos diferentes), declarar o necessário e mencionar o tipo de purificação (tipo de tratamento, quantidade ou porcentagem de agentes microbianos removidos).

Os critérios de exclusão para este estudo foram: não demonstraram pertencer a esta categoria após a leitura do texto completo, falta de acesso ao artigo completo, inadequação do método de tratamento e purificação, falta de expressão do tipo de agentes microbianos removidos, estudos de revisão e cartas ao editor.

Na avaliação da qualidade dos artigos selecionados foram avaliados a partir de um valor interno com viés de seleção, foram levados em consideração o título, o resumo e as palavras-chaves atribuídas no processo de inclusão e exclusão. Em tese, a qualidade das indicações dos estudos foi julgada a partir de três medidas principais: (1) limitações; (2) compatibilidade dos resultados; e (3) precisão (capacidade de generalização dos achados e fornecimento de dados suficientes). Estudos que demonstraram ausências nesses pontos não foram adicionados ou selecionados.

Para extrair informações, todos os artigos foram avaliados de forma independente pelos autores (Tabela 1), com base nos critérios de inclusão e exclusão. Foram resumidas as informações e, nos casos em que as informações eram inconsistentes, foram inseridos comentários sobre o achado. As informações extraídas dos artigos foram incluídas na lista de verificação do pesquisador para aprovação qualitativa e utilizadas em outros estudos de autores anteriores deste artigo. A lista de verificação incluiu o nome do primeiro autor e do artigo, os objetivos, processo de tratamento, e as conclusões. Além disso, as taxas de remoção dos agentes microbianos mencionados nos estudos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar e discutir os dados levantados nesse trabalho com o objetivo de dar suporte a discussão, os dados foram detalhados e organizados conforme a Tabela 1, artigos inseridos na revisão sistemática de literatura.

Tabela 1 - Artigos inseridos na Revisão Sistemática de literatura

Título do Artigo e Autores	Objetivos	Processo de tratamento	Conclusão
Potencial De Remoção De Cor E Turbidez Com A Aplicação De Sulfato De Alumínio Associado Ao Carvão Ativado Em Águas Naturais Bernardino et al. 2019	Determinar a dosagem ideal para o coagulante inorgânico Sulfato de Alumínio e a partir desta, estimar a concentração mais eficiente para o Carvão Ativado, baseando-se nos parâmetros turbidez e cor aparente	Carvão ativado	Os resultados obtidos demonstram que na concentração de 12,5 mg/L verificou-se os menores valores de cor e turbidez após a decantação, no entanto, nenhuma das dosagens atingiram os valores preconizados pela portaria de nº 5/2017 do Ministério da Saúde e quando se associa o material adsorvente ao tratamento aplicado antes da coagulação observa-se uma

			melhoria na clarificação da água.
Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de Moringa oleífera no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento Silva e Paula (2019)	O presente estudo avaliou as possíveis aplicações para água residuária tratada com o uso do extrato aquoso de Moringa oleífera obtido de duas formas, sendo: apenas em água destilada (EAMO) e outra em água destilada com nitrato de cálcio (EAMO/Ca ²⁺) e com o coagulante químico sulfato de alumínio (Al ₂ (SO ₄) ₃).	Moringa oleífera	Os tratamentos analisados possibilitaram redução da alcalinidade em 22% com EAMO/Ca ²⁺ e 16% com o extrato Al ₂ (SO ₄) ₃ , diminuição da dureza em 11,4% com EAMO/Ca ²⁺ e 4,7% com extrato Al ₂ (SO ₄) ₃ e eficiência de remoção da turbidez superior a 85% para todos os coagulantes estudados na dosagem ótima.
Aplicação Da Ozonização E Do Processo Oxidativo Avançado O ₃ /Uv Na Degradação De Efluentes Da Indústria De Celulose	Neste trabalho foi avaliada a ozonização e o processo oxidativo avançado o O ₃ /UV para a redução da absorvância em UV254nm e da Demanda Química de Oxigênio de um efluente de uma indústria de celulose em dois valores iniciais de pH (10 e 7,9).	POA	Verificou-se uma elevada percentagem de remoção (53%) e (64%) para os estudos utilizando os processos O ₃ (pH 10) e O ₃ /UV, respectivamente. Também verificou-se uma diminuição da absorvância em 254 nm que corresponde ao comprimento de onda dos compostos aromáticos. De um modo geral, o estudo revelou que o uso do processo O ₃ /UV e/ou ozonização pode constituir um processo de tratamento alternativo para a remoção/degradação dos efluentes da indústria do papel e celulose.
Tratamento De Água Por Sistema Sodis Com Utilização De Moringa Oleífera	O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência da desinfecção da água com a utilização da radiação solar associado ao uso de coagulante orgânico <i>Moringa oleífera</i> .	Moringa oleífera	A remoção de cor aparente foi bastante significativa com uma eficiência acima de 89% nos tratamentos após a exposição solar, mostrando um bom funcionamento do sistema SODIS.
Estudo de Degradação da Tetraciclina em Água Empregando Processos Oxidativos Avançados. Barbieri (2019)	Este trabalho teve por objetivo estudar a degradação do antibiótico tetraciclina (TC) em matriz aquosa sintética empregando os (POAs) fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e heterogênea (TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV), sendo as condições otimizadas por meio de planejamento fatorial completo inicial e posterior delineamento composto central rotacional (DCCR).	POA	Os dados das cinéticas dos dois tratamentos se ajustaram de maneira mais satisfatória ao modelo de pseudo-segunda ordem com K ₂ = 0,002 min ⁻¹ , para fotocatalise homogênea e K ₂ = 0,0006 min ⁻¹ para fotocatalise heterogênea. No teste de toxicidade com <i>Escherichia coli</i> como microrganismo bioindicador observou-se menor efeito tóxico após todos os tratamentos de degradação empregados. Os tratamentos fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e heterogênea (TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV) são promissores no tratamento de águas e efluentes contaminados com o fármaco TC.

<p>Remoção dos Compostos MIB e Geosmina de Água de Abastecimento Usando Carvão Ativado de Caroço de Pêssego Silva; de Lima; Quináia (2019)</p>	<p>O desenvolvimento de novos métodos de remoção de compostos causadores de gosto e odor (MIB e GEOSMINA) em águas de abastecimento com problemas sazonais têm sido constantemente testados.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>A eficiência de adsorção foi conduzida em experimentos com diferentes massas de carvão, variando os tempos de contato, e comparada com carvões comerciais. Para amostras contendo 3000 ng L⁻¹ de MIB e GEOSMINA obteve-se índices de remoção acima de 90 % usando o carvão ativado de caroço de pêssego.</p>
<p>Avaliação Da Filtração Direta Descendente No Tratamento De Água De Manancial Com Baixa Turbidez E Cor Elevada Lima (2019)</p>	<p>Para isso, a pesquisa comparou os resultados do tratamento da água em leito filtrante simples de areia e leito filtrante duplo de areia e carvão antracito seguido por adsorção com carvão ativado granulado.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>Conclui-se que apenas para o leito duplo de areia e carvão antracito, todas as três granulometrias e quatro taxas de filtração estudadas atenderam a Portaria da Consolidação N° 5/2017, sendo o filtro F3, para a taxa de filtração de 340 m³/m².dia, a melhor condição para ser adotada em escala real.</p>
<p>Influência Das Condições De Aplicação Do Carvão Ativado Pulverizado Na Eficiência De Remoção De Azul De Metileno No Tratamento Em Ciclo Completo Biscola (2019)</p>	<p>Investigar a influência do tempo de contato, dosagem e tipo de carvão ativado pulverizado (CAP) na remoção de azul de metileno (AZM) no tratamento de água em ciclo completo.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>Para o tempo de contato de 5 min, simulando a aplicação do CAP na entrada da ETA (prática comum), a adsorção não foi satisfatória para as dosagens de CAP investigadas, sendo provável a necessidade do emprego de dosagens maiores que 30 mgL⁻¹, condição que pode inviabilizar economicamente o uso do carvão nas ETAs. A pesquisa evidencia a necessidade da execução de ensaios de tratabilidade para determinação das condições de aplicação do carvão ativado pulverizado nas ETAs para a garantia de sucesso da adsorção na remoção de microcontaminantes orgânicos.</p>
<p>Análise do oxidróxido de ferro e carvão ativado como meio filtrante para retenção de metais pesados em filtros de água potável Gonçalves (2019)</p>	<p>O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um filtro que tenha a capacidade de remoção de metais pesados de águas residuais, com potencial aplicação em uma ETA.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>No processo, utilizou-se um filtro a base de oxidróxido de Ferro e carvão ativado. Encontrou-se valores reduzidos de metais à medida que a camada de oxidróxido aumentava. Desta forma foi possível demonstrar a viabilidade da utilização do novo material no processo de retenção dos metais pesados.</p>

<p>Sementes Da Moringa Oleífera: Eficiência No Uso De Coagulante Biológico No Tratamento De Água Com Turbidez Comparada Aos Coagulantes Químicos Olivio e Esteves (2019)</p>	<p>Analisar a eficácia do coagulante biológico no tratamento de clarificação de água e comparar com o coagulante químico sulfato de alumínio.</p>	<p>Moringa oleífera</p>	<p>As mesmas análises laboratoriais foram feitas com a aplicação de coagulante químico Sulfato de Alumínio, contendo dados comparativos à eficiência do coagulante biológico testado na água do mesmo local coletado. Após análises, os resultados obtidos confirmaram que é possível considerar as sementes de <i>Moringa oleífera</i> como um coagulante biológico, podendo ser utilizado em um novo método para o tratamento de água com turbidez.</p>
<p>Semente de Moringa Oleífera como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais Santos, Cruz e Gontijo (2019)</p>	<p>Esse estudo objetivou encontrar uma dose de pó preparado a partir da semente de Moringa Oleífera, que seja eficiente na remoção da turbidez da água utilizada para abastecimento humano na comunidade rural de Capela Branca, localizada na cidade de Bela Vista de Minas.</p>	<p>Moringa oleífera</p>	<p>Conclui-se que a quantidade do pó que garantiu a eficiência na remoção da turbidez (0,648g) equivale a aproximadamente 3 sementes trituradas, e doses maiores ou menores, não atuam com eficiência na remoção da turbidez.</p>
<p>Processos Oxidativos Avançados Aplicados No Tratamento De Águas Residuárias Araújo E Medeiros (2019)</p>	<p>Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise metodológica que trata dos processos oxidativos avançados para o tratamento de efluentes, sendo eles: o Fotocatálise TiO₂/ UV, Foto-Fenton e o Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂/UV).</p>	<p>POA</p>	<p>Os POAs baseados na utilização de espécies altamente oxidantes para promover uma degradação mais eficaz do poluente a ser tratado fora, utilizados juntamente com tratamentos biológicos, com o intuito de aumentar a biodegradabilidade de compostos recalcitrantes, podendo assim diminuir o tempo demandado para o tratamento via processos biológicos tradicionais onde são capazes de oxidar e mineralizar compostos orgânicos e reduzir metais, a partir da combinação de diferentes oxidantes químicos com uma fonte de irradiação, para a geração dos referidos radicais, logo apresentam grande potencial para serem aplicados no tratamento de efluentes dentro das normas regulamentadoras e da legislação ambiental.</p>
<p>Estudo</p>	<p>O presente trabalho teve</p>	<p>POA</p>	<p>O tratamento que obteve</p>

<p>Comparativo Dos Processos De Adsorção E Fotooxidação No Tratamento Do Efluente De Biodiesel Ribeiro et al. 2019</p>	<p>como objetivo avaliar dois tipos de tratamentos para o efluente do biodiesel produzido a partir de óleo de soja e sebo bovino, com o auxílio de um planejamento fatorial 2², tendo como variáveis o tipo de tratamento e o tempo.</p>		<p>melhor resultado correspondeu a adsorção por carvão ativado com 1 hora, chegando a 73% de remoção de poluentes, além da diminuição de 403 UC (unidades de cor) e 5,54 UT (unidades de turbidez).</p>
<p>Avaliação Do Tratamento E Da Reciclagem De Esgoto Doméstico Para Fins Não Potáveis Em Empreendimento Com Certificação Leed Appel (2019)</p>	<p>Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o tratamento e reciclagem do esgoto doméstico para fins não potáveis, utilizando processos biológicos e oxidativos avançados em empreendimento com certificação LEED, categoria O+M Platinum</p>	<p>POA</p>	<p>Conclui-se que os sistemas de tratamento de esgotos implantados carecem de monitoramento acerca do desempenho do tratamento no longo prazo e que, no Brasil, a ausência de uma legislação clara e difundida que regulamente e fiscalize a prática do reúso ou reciclagem de esgotos sanitários não possibilita mensurar os aspectos da sustentabilidade que são alcançados nesses empreendimentos.</p>
<p>Avaliação Da Degradação Do Antibiótico Ceftriaxona Em Água Pela Aplicação Dos Processos Oxidativos Avançados Peróxido De Hidrogênio E Fenton, Associados Ou Não À Radiação Ultravioleta Gabarra (2019)</p>	<p>Avaliar a eficácia da radiação ultravioleta (UV), do POA Peróxido de Hidrogênio e do POA Fenton, em diferentes concentrações, associados ou não à radiação UV, na degradação/mineralização do antibiótico ceftriaxona em condições de laboratório, dissolvido em água ultrapura.</p>	<p>POA</p>	<p>A aplicação da radiação UV isolada apresentou degradação da ordem de 64% do antibiótico, com remoção de 15,5% do COT inicial. O POA Fenton alcançou taxa de remoção de 100%, com mineralização de 43,6% e residual de peróxido de hidrogênio de 53,7%. Os ensaios com POA H₂O₂/UV e Fenton/UV alcançaram remoção total da ceftriaxona, com as maiores taxas de mineralização, da ordem de 66,6% e 67,6% de redução do COT, respectivamente, com as taxas mais baixas de residual de H₂O₂, da ordem de 13,9% e 3,2% respectivamente.</p>
<p>Utilização De Resíduos Da Indústria De Açaí Como Leito Filtrante Para Tratamento De Efluente De Piscicultura Martins e Conceição (2019)</p>	<p>Objetivou-se com este trabalho verificar a viabilidade da utilização de resíduos da indústria de açaí como leito filtrante no tratamento de efluente de piscicultura.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>Experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo divididos em 4 tratamentos, cada um com 4 repetições. As variáveis foram avaliadas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk (w), seguido dos testes paramétricos (análise de variância (ANOVA) e teste de</p>

			Tukey), e não paramétricos (Kruskal-wallis e Nemenyi). O caroço de açaí mostrou-se viável na utilização como leito filtrante alternativo para o tratamento de efluente de piscicultura.
Estudo de Degradação da Tetraciclina em Água Empregando Processos Oxidativos Avançados. Holanda (2019)	Desenvolver um sistema eletroquímico para o tratamento desse efluente utilizando DAS como material eletródico.	POA	No teste de toxicidade com <i>Escherichia coli</i> como microrganismo bioindicador observou-se menor efeito tóxico após todos os tratamentos de degradação empregados. Os tratamentos fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e heterogênea (TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV) são promissores no tratamento de águas e efluentes contaminados com o fármaco TC.
Avaliação da remoção da cor do efluente têxtil através do processo de adsorção com carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro (Persea americana Mill.) Pires (2020)	Este é um estudo, qualitativo e quantitativo, descritivo e exploratório, cujo objetivo geral é avaliar a remoção da concentração de cor do efluente têxtil real através do processo de adsorção com carvão ativado produzido de folhas de Abacateiro.	Carvão ativado	Em termos cinéticos, atingiu-se o equilíbrio de adsorção com 90 minutos de ensaio e o melhor modelo cinético que descreveu o experimento realizado foi o de pseudo-segunda ordem, apontando que a etapa limitante no processo adsorptivo é a parte química ou quimissorção. Destaca-se que mesmo apresentando remoção superior a 97%, a cor do efluente tratado permaneceu superior aos parâmetros estabelecidos nas resoluções e leis vigentes no país.

Fonte: Elaborado pelos autores

A leitura dos artigos selecionados permitiu evidenciar análise dos processos de tratamento, sua aplicação de técnicas e eficiência em relação a remoção de efluentes.

No processo de carvão ativado, o PAC é misturado com as águas residuais após o tratamento biológico, para que a matéria orgânica residual e os micropoluentes sejam absorvidos pelas partículas de carbono. Dessa maneira, a quantidade de PAC pode ser reduzida em 15 a 20%, mantendo um efeito positivo na sedimentação dos flocos de lodo ativado. O estudo de Bernardino et al. (2019) utilizando sulfato de alumínio associado ao carvão ativado não alcançou em nenhuma das dosagens os valores determinados pela portaria de consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, que é de 0,5 uT para turbidez e 15 uH para cor. Silva e de Lima e Quináia (2019) ao avaliar a utilização do carvão ativado para a remoção

de compostos causadores de gosto e odor (MIB e GEOSMINA) e as amostras contendo 3000 ng L⁻¹ de MIB e GEOSMINA obteve-se índices de remoção acima de 90 % usando o carvão ativado de caroço de pêssego.

Lima (2019) em uma Instalação Piloto de Tratamento de Água por Oxidação, Adsorção e Dupla Filtração o uso do carvão ativado granulado não influenciou significativamente na qualidade da água tratada para as variáveis estudadas na pesquisa. Biscola (2019) avaliou a aplicação do carvão ativado pulverizado na eficiência de remoção de azul de metileno utilizou CA mineral (CAP A) e um vegetal umectado (CAP B), os ensaios de adsorção em CAP, seguida da coagulação, floculação e sedimentação com ambos os CAPs, mostraram que o CAP A foi mais eficiente em relação ao CAP B com os maiores tempos de contato estudados (90 e 120 min). Já a simulação da aplicação do CAP na entrada da ETA (prática comum), a adsorção não foi satisfatória necessitando de dosagens maiores que 30 mgL⁻¹, o que inviabiliza a sua utilização. Martins e Conceição (2019) utilizaram 16 colunas de filtragem, preenchidas com 4 tipos de materiais filtrantes (feltro, serragem, fibra de açaí e fibra de açaí com carvão ativado do açaí), e o filtro de Fibra de Açaí/CA o mais eficiente na retenção de moléculas de cálcio, devido a maior porosidade do carvão ativado.

Já Pires (2020) analisou a utilização de carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro para a o tratamento da cor presente nos efluentes têxteis e constatou eficiência da remoção superior a 97%. Gonçalves (2019) analisou a utilização de um filtro à base de oxidróxido de Ferro e carvão ativado para a retenção a maior quantidade possível de metais pesados e verificou que o Carvão Ativado foi capaz de remover metais como o Gálio, Rubídio, Prata, Índio, Césio, Titânio, Bismuto e Mercúrio e o oxidróxido de Ferro foi mais eficiente do que o Carvão Ativado na remoção do elemento químico Arsênio.

O processo de floculação das impurezas foi descrito extensivamente e envolve agitação controlada e redução da estabilidade das partículas. Frequentemente, as impurezas particuladas são carregadas negativamente. No caso de sais de ferro, muitas vezes é necessário precipitar o excesso aumentando o pH. Os polímeros catiônicos são considerados poluentes ambientais tóxicos para os peixes e, portanto, os resíduos na água tratada precisam ser minimizados. Por esses motivos, tem havido crescente atenção para encontrar

floculantes alternativos, principalmente de produtos naturais, como a moringa oleífera.

Silva e Paula (2019) analisaram tratamentos e concluíram que estes possibilitaram redução da alcalinidade em 22% com EAMO/Ca²⁺ e 16% com o extrato Al₂(SO₄)₃, diminuição da dureza em 11,4% com EAMO/Ca²⁺ e 4,7% com extrato Al₂(SO₄)₃ e eficiência de remoção da turbidez superior a 85% para todos os coagulantes estudados na dosagem ótima. Cazú (2019) analisou o sistema *Solar Water Disinfection* (SODIS) associado à moringa e concluiu que ação do SODIS apresentou uma eficiência de 100% de remoção de coliformes em dias de alta radiação solar, e em dias com nebulosidade teve uma diminuição do número de coliformes, mas não houve eliminação, sendo um processo eficaz, alternativo e barato para a desinfecção da água. Olivio e Esteves (2019) ao utilizar as sementes semi-tratadas de *Moringa* apresentaram eficácia na clarificação porque as fibras não despedaçam na água facilitando a filtragem após o processo de decantação, deixando a água menos turbida com teor abaixo de 4,0 NTU. Santos, Cruz e Gontijo (2019) verificaram que 0,648g de pó de semente de Moringa Oleífera, demonstrou eficiência da remoção da turbidez de 2L de água.

A escolha do melhor tratamento para a recuperação de águas residuais com os requisitos acima mencionados depende de sua finalidade posterior. Deve-se considerar a adição dos procedimentos químicos aplicados e dos produtos residuais resultantes do tratamento. Os processos avançados de oxidação (POA) são considerados uma tecnologia altamente competitiva em relação aos tratamentos de água para a remoção de poluentes orgânicos classificados como bio-recalcitrantes e para a inativação de microrganismos patogênicos não tratáveis pelas técnicas convencionais (ARAÚJO; MEDEIROS, 2019).

Quintão et al. 2019 avaliaram a utilização da ozonização e o processo oxidativo avançado o O₃/UV para a redução da absorbância em UV 254 nm e da Demanda Química de Oxigênio de um efluente de uma indústria de celulose em dois valores iniciais de pH (10 e 7,9) e concluiu que o processo O₃/UV e/ou ozonização pode ser considerado um processo de tratamento alternativo para a remoção/degradação dos efluentes da indústria do papel e celulose. Holanda (2019) analisou a degradação do antibiótico tetraciclina (TC) em matriz aquosa sintética empregando os (POAs) fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e concluiu que o POA é promissor no tratamento de águas e efluentes contaminados.

Ribeiro et al. 2019 comparou 2 métodos de tratamento de efluente do biodiesel: foto-oxidação (foto-Fenton) e adsorção (carvão ativado) e concluiu que a adsorção por carvão ativado com 1 hora obteve o melhor resultado, chegando a 73% de remoção de poluentes, além da diminuição de 403 UC (unidades de cor) e 5,54 UT (unidades de turbidez). Appel (2019) avaliou o tratamento e reciclagem do esgoto doméstico para fins não potáveis, utilizando processos biológicos e oxidativos avançados e os valores de turbidez e séries de sólidos nas amostras do efluente em todas as etapas de tratamento apresentaram redução, porém a diminuição não se apresenta tão significativa, não evidenciaram alterações nos valores médios de pH, somente houve redução da Matéria Orgânica, redução significativa nas frações de nitrato e nitrogênio total, coliformes totais e termotolerantes. Gabarra (2019) analisou o uso de Processos Oxidativos Avançados (POA) na remoção do antibiótico ceftriaxona e concluiu que O POA Fenton alcançou taxa de remoção de 100%, com mineralização de 43,6% e residual de peróxido de hidrogênio de 53,7%.

Diante do exposto, verifica-se uma falta de padronização dos métodos e parâmetros para avaliação dos métodos de tratamento o que dificulta a análise e definição daqueles que são mais eficientes para a atividade, pois cada um apresenta benefícios distintos e combinações distintas. Pode-se identificar uma grande variação nos parâmetros analisados, principalmente porque cada estudo abordou a remoção de parâmetros específicos definidos de acordo com a demanda ou do tipo de material que está presente no sistema. Para responder a questão norteadora, ao analisar os estudos escolhidos no período de 2019 a 2020, dos 18 estudos 38% utilizaram o carvão ativado para o tratamento de água, 38% utilizaram os POA e 22% utilizaram a Moringa Oleífera, e dos 38% o carvão ativado cerca de 20% não apresentaram a eficiência esperada e 40% enfatizaram a necessidade de combinar o carvão ativado a adsorvatos ou filtros para melhor eficiência no tratamento. Já os POA apresentaram 64% de remoção de cor em um estudo e apresentou alta eficiência na degradação de fármacos, e por fim a moringa apresentou mais de 80% eficiência de remoção da cor e turbidez em todos os estudos o que enfatiza ser o melhor tratamento para este fim (cor e turbidez) e os POA para a degradação de fármacos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste estudo, utilizando a Revisão Sistemática da Literatura – RSL, foi analisar estudos sobre o tratamento de águas residuais no período de janeiro de 2019 a maio de 2020 e compará-los a fim de definir o método mais eficiente de tratamento. A partir do estudo realizado, conclui-se que a *Moringa oleifera* como agente coagulante forneceu resultados significativos que o justificam como um coagulante alternativo no processo de coagulação / floculação da água produzida, além de apresentar baixo custo e ambientais material favorável para remover a cor e melhorar a turbidez da água. Já o POA colheram imensa importância nos últimos anos por sua capacidade de remover uma vasta gama de poluentes orgânicos, incluindo poluentes emergentes, mineralizando-os em dióxido de carbono e água em muitos casos, em condições de reação ambientalmente e economicamente viáveis.

6.REFERÊNCIAS

- AIDER, M et al. Soluções aquosas eletroativadas: teoria e aplicação na indústria de alimentos e biotecnologia. **Ciência de Alimentos Inovadora e Tecnologias Emergentes** 15, 38. - 49. doi: 10.1016 / 2012.02.002.
- AMR, SSA; AZIZ, HA; ADLAN, MN. Otimização do tratamento estabilizado de lixiviados utilizando ozônio / persulfato no processo avançado de oxidação. **Gerenciamento de resíduos**. 2013; 33 (6): 1434–41.
- APPEL. Avaliação do Tratamento e da Reciclagem de Esgoto Doméstico para fins não Potáveis em Empreendimento com Certificação Leed. **Dissertação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019
- ARAÚJO; MEDEIROS. Processos Oxidativos Avançados Aplicados No Tratamento De Águas Residuárias. **Congresso Nacional de Pesquisa e ensino em ciências**. 2019.
- BAPTISTA, ATA et al. Fracionamento proteico de sementes de *Moringa oleifera* e sua aplicação no tratamento de águas superficiais. **Tecnologia de separação e purificação**, 180, 114-124. doi: 10.1016 / j.seppur.2017.02.040. 2017.
- BARBIERI. Estudo de Degradação da Tetraciclina em Água Empregando Processos Oxidativos Avançados. **Monografia**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.
- BISCOLA. Influência das Condições de Aplicação do Carvão Ativado Pulverizado na Eficiência de Remoção de Azul de Metileno no Tratamento em Ciclo Completo. **Dissertação**. Universidade de Ribeirão Preto. 2019.
- BÖHLER, M et al. Remoção de micropoluentes na estação municipal de tratamento de águas residuais por carvão ativado em pó. *Sci da água. Technol.* 2012; 66 : 2115-2121.

- CAMACHO, FP; SOUSA, VS; BERGAMASCO, R; TEIXEIRA. O uso de Moringa Oleifera como coagulante natural no tratamento de águas superficiais. **Revista de Engenharia Química** 313, 226-237. doi: 10.1016 / j.cej.2016.12.031. 2017.
- NGUYEN, TMH; LE, NT; RAZUMOVSKAYA, RG. Características e propriedades físico-químicas da gelatina extraída de escamas de robalo (*Lates calcarifer*) e tainha (*Mugilcephalus*) no Vietnã. **Revista de Tecnologia de Produtos Alimentares Aquáticos** 26, 1293-1302. doi: 10.1080 / 10498850.2017.1390026. 2017.
- CAZÚ. Tratamento de Água por Sistema Sodis com Utilização de Moringa Oleifera. **Monografia**. Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2019.
- DASGUPTA, S; GUNDAA, NSK; MITRA, SK. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato de sementes de *Moringa oleifera* como solução sustentável para água potável. **RSC Adv.** 6, 25918-25926. doi: 10.1039 / C6RA04011 J. 2016.
- DENG, Y; EZYSKE, CM. Processo de oxidação avançada por radical sulfato (SR-AOP) para remoção simultânea de contaminantes orgânicos refratários e amônia em lixiviados de aterros sanitários. **Revista Water.** 2011; 45 (18): 6189–94.
- ERI, IR; HADI, W; SLAMET, UMA. Esclarecimento de águas residuais farmacêuticas com *Moringa Oleifera*: otimização através de metodologia de superfície de resposta. **Revista de Engenharia Ecológica** 19, 126-134. doi: 10.12911 / 22998993/86148. 2018.
- GABARRA. Avaliação Da Degradação Do Antibiótico Ceftriaxona em Água Pela Aplicação dos Processos Oxidativos Avançados Peróxido de Hidrogênio e Fenton, associados ou não à Radiação Ultravioleta. **Tese**. Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto. 2019.
- GARDE, WK; BUCHBERGER, SG; WENDELL, D; KUPFERLE, MJ. Aplicação do extrato de sementes de *Moringa Oleifera* no tratamento de águas residuais da fermentação do café. **Jornal de materiais perigosos** 329, 102-109. doi: 10.1016 / j.jhazmat.2017.01.006. 2017.
- GONÇALVES, et al. **Análise do oxidróxido de ferro e carvão ativado como meio filtrante para retenção de metais pesados em filtros de água potável**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2019.
- GREGORY, J; DUAN, J. Hidrolisando sais metálicos como coagulantes. **Química pura e aplicada**, 73 (12), 2017-2026. doi: 10.1351 / pac200173122017. Instituto Nacional do Coração, Pulmão e Sangue. Ferramentas de avaliação da qualidade do estudo. Disponível em: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>. 2001.
- GUPTA, A; ZHAO, R; NOVAK, JT; GOLDSMITH, C. Aplicação do reagente de Fenton como uma etapa de polimento para remoção de constituintes orgânicos de extinção por UV em lixiviados de aterros sanitários tratados biologicamente. **Chemosphere.** 2014.
- IKAI, H et al. 2010. Fotólise do peróxido de hidrogênio, um sistema eficaz de desinfecção via formação de radicais hidroxila. **Antimicrob Agents Chemother**; 54 (12): 5086–91.
- JUNG, Y et al.. Avaliação do extrato de sementes de *Moringa oleifera* pelo tempo de extração: efeito na eficiência da coagulação e característica do extrato. **Revista de Água e Saúde** 16. doi: 10.2166 / ol.2018.078. 2018.
- LIMA. Avaliação da Filtração Direta Descendente no Tratamento de Água de Manancial com Baixa Turbidez e Cor Elevada. **Dissertação** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2019.

- LOHBERGER, A; COSTE, AT; SANGLARD, D. Papéis distintos dos fatores de transcrição de resistência a drogas de *Candida albicans* TAC1, MRR1 e UPC2 na virulência. *Eucariota. Célula*. 2014; 13: 127-142.
- MADRONA, GS et al. Estudo do efeito da solução salina na extração do componente ativo da semente de *Moringa oleifera* para tratamento de água. **Água Poluição do Solo Ar**, 211, 409-415. doi: 10.1007 / s11270-009-0309-0. 2010.
- MARTINS E CONCEIÇÃO. Utilização de Resíduos da Indústria de Açaí Como Leito Filtrante para Tratamento de Efluente de Piscicultura. Monografia. Universidade Federal Rural da Amazônia - *Campus* Paragominas como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia. 2019.
- MEINEL, F et al. Os benefícios da recirculação de carvão ativado em pó para remoção de micropoluentes no tratamento avançado de águas residuais. *Resista Water.*; 91: 97-103. 2016.
- NGUYEN. Uso de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante natural para purificação de água no Vietnã. **Jovem cientista** 132, 127-132. 2016.
- OLADOJA, N. Progresso em coagulantes poliméricos naturais em operações de tratamento de água e esgoto. **Revista de Engenharia de Processos de Água** 6, 174-192. doi: 10.1016 / j.jwpe. 2015.04.004. 2014.
- OLIVIO E ESTEVES. Sementes da *Moringa Oleífera*: Eficiência no uso de Coagulante Biológico no Tratamento de Água com Turbidez Comparada aos Coagulantes Químicos. UNIFUNEC – Centro Universitário de Santa Fé do Sul. 2019.
- PETERSEN, HH et al. Adsorção de poluentes orgânicos de águas residuais de matadouros usando pó de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante natural. **Parasitologia de Alimentos e Água** 3, 1 1-8. doi: 10.1016 / j.fawpar.2016.03.002. 2016.
- PIRES. Avaliação da remoção da cor do efluente têxtil através do processo de adsorção com carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro (*Persea americana* Mill.) **Monografia**. Centro Tecnológico (CTC) da Universidade Federal de Santa Catarina. 2020.
- RIBEIRO et al. Estudo Comparativo dos Processos de Adsorção e Fotooxidação No Tratamento Do Efluente De Biodiesel. **Revista gestão sustentável**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.472-482, jan/mar. 2019.
- QUINTÃO et al. Aplicação da Ozonização e do Processo Oxidativo Avançado O3/Uv Na Degradação de Efluentes da Indústria de Celulose. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em iniciação científica**. 2019.
- SANTOS, CRUZ; GONTIJO. Semente de *Moringa Oleífera* como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Res., Soc. Dev.** ,2019.
- SILVA e PAULA. Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de *Moringa oleifera* no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento. **Revista Matéria**, v.24, n.2. 2019.
- SILVA; LIMA; QUINÁIA. Remoção dos Compostos MIB e Geosmina de Água de Abastecimento Usando Carvão Ativado de Caroço de Pêssego. **Revista Virtual Química**. Vol 11, No. 3, 673-685. 2019.
- SINGH, SK; TANG, WZ. Análise estatística das condições ideais de oxidação de Fenton para o tratamento de lixiviados em aterros sanitários. **Gerenciamento de resíduos**; 33 (1): 81–8. 2013.
- TORRENS, K. Tomada de Decisão de Gerenciamento de Lixiviados e Tecnologias Disponíveis. Na Cimeira Regional da EREF sobre Gestão de Lixiviados, Filadélfia, PA. 2013.
- VALVERDE KC et al. Otimização das condições do processo no tratamento da água através de diagramas de coagulação, utilizando *Moringa oleifera* e sulfato de

alumínio. **Dessalinização e tratamento de água** 56., 1787-1792, doi: 10.1080 / 19443994.2014.960470. 2014.

VILASECA, M; LÓPEZ-GRIMAU, V; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, C. Valorização de resíduos obtidos da extração de óleo em sementes de *Moringa oleifera*: coagulação de corantes reativos em efluentes têxteis. **Materiais**, 7, 6569-6584. doi: 10.3390 / ma7096569. 2014.

WEI, N et al. Comportamento de coagulação do cloreto de polialumínio: efeitos do pH e dosagem de coagulante. **Revista Chinesa de Engenharia Química** 23, 1041-1046. doi: 10.1016 / j.cjche.2015.02.003. 2015.

WOLFF, D et al. Insights sobre a variabilidade da composição da comunidade microbiana e degradação de micropoluentes em diversos sistemas biológicos de tratamento de águas residuais. *Resista Water*; 143: 313–324. 2018.

YARAHMADI, M et al. Aplicação de sementes de *Moringa oleifera* extraídas e cloreto de polialumínio no tratamento da água. **Revista Mundial de Ciências Aplicadas** 7, 962-967. 2009.

ZHANG, J et al. Avaliando os efeitos do carvão ativado na geração de metano e o destino de genes resistentes a antibióticos e integrons de classe I durante a digestão anaeróbica de resíduos orgânicos sólidos. *Bioresour. Technol*; 249 : 729-736. 2018.