



DOI: 10.31416/rsdv.v12i3.992

## Potencial da tecnologia eletrolítica para o tratamento de águas de lavagem de filtro

*Potential of electrolytic technology for the treatment of filter wash water*

**MACIEL, Gabriele da Silva Aguiar.** Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Instituto Federal de Educação, Ciências e tecnologia do Ceará - Campus Quixadá. Avenida José de Freitas **Queiroz**, 5.000 | Bairro Cedro - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (88) 99487-5775 / E-mail: [gabriele.aguiar10@aluno.ifce.edu.br](mailto:gabriele.aguiar10@aluno.ifce.edu.br)

**QUEIROZ, Ana Quézia Avelino de.** Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Instituto Federal de Educação, Ciências e tecnologia do Ceará - Campus Quixadá. Avenida José de Freitas **Queiroz**, 5.000 | Bairro Cedro - R edenção - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (88) 9837-3580 / E-mail: [ana.quezia06@aluno.ifce.edu.br](mailto:ana.quezia06@aluno.ifce.edu.br)

**MACIEL, Nidson Maia.** Mestrando em Energia e Ambiente.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Avenida da Abolição, 3 - Centro- Redenção - Ceará - Brasil. CEP.: 62.790-000./ Telefone: (88) 8122-8436/ E-mail: [nidson.maciел.ambiental@gmail.com](mailto:nidson.maciел.ambiental@gmail.com)

**CAVALCANTE, Reinaldo Fontes.** Prof.Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciências e tecnologia do Ceará - Campus Quixadá. Avenida José de Freitas **Queiroz**, 5.000 | Bairro Cedro - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580/ Telefone: (88) 9969-8165/ E-mail: [reinaldo@ifce.edu.br](mailto:reinaldo@ifce.edu.br)

**REIS, Ana Sara Alves dos.** Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Instituto Federal de Educação, Ciências e tecnologia do Ceará - Campus Quixadá. Avenida José de Freitas **Queiroz**, 5.000 | Bairro Cedro - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (88) 99427 8782/ E-mail: [anasara428@gmail.com](mailto:anasara428@gmail.com)

### RESUMO

A escassez hídrica se caracteriza como um dos grandes desafios ambientais para a humanidade neste início de século, tendo em vista que 2/3 das regiões do globo são ocupadas por regiões áridas ou semiáridas. Nesse sentido, aumentar a oferta hídrica em uma região se constitui como elemento estratégico, para amenizar essa problemática. Assim, a utilização de tecnologia eletrolítica, para o tratamento de águas oriundas do processo de lavagem de filtros, pode representar a reinsertão nos processos produtivos de um expressivo volume de águas em uma região e suas atividades, além de proporcionar melhoras no desempenho das estações de tratamento de águas, nas regiões áridas e semiáridas, que historicamente possuem águas com elevados índices de eutrofização e dificuldades de tratamento pelo sistema convencional. Diante disso o objetivo do presente trabalho é investigar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, o potencial da utilização da tecnologia eletrolítica no tratamento de águas de lavagem de filtros de estações de tratamento de águas. Percebeu-se um crescimento do uso da tecnologia em todo o mundo, e que significativos desempenhos na remoção de turbidez, coliformes termotolerantes e coagulação de metais, tornam a tecnologia bastante promissora para o tratamento de água de lavagem de filtro das Estações de Tratamento de Água (ETA), tornando possível sua reutilização dentro da própria ETA ou em atividades externas, como a fertirrigação.

**Palavras-chave:** Eletrocoagulação, Reuso, Efluentes.





## ABSTRACT

Water scarcity is characterized as one of the major environmental challenges facing humanity at the beginning of this century, given that two-thirds of the globe are occupied by arid or semi-arid regions. In this context, increasing water supply in a region becomes a strategic element to mitigate this issue. Thus, the use of electrolytic technology for the treatment of water from filter washing processes may represent the reintegration of a significant volume of water into a region's productive processes and activities, in addition to improving the performance of water treatment plants in arid and semi-arid regions, which historically face issues with high eutrophication levels and difficulties in treatment by conventional systems. Therefore, the objective of this study is to investigate, through a systematic literature review, the potential of using electrolytic technology in the treatment of filter washing water from water treatment plants. There has been a global increase in the use of this technology, and its significant performance in removing turbidity, thermotolerant coliforms, and metal coagulation makes it a highly promising approach for treating filter washing water in water treatment plants (WTPs), enabling its reuse within the WTP itself or for external activities such as fertigation.

**Keywords:** Electrocoagulation, Reuse, Effluent.



## Introdução

Segundo O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021 (*World Water Development Report - WWDR*), o recorrente crescimento populacional e econômico vem ocasionando, nos últimos 100 anos, um intenso uso mundial de recursos hídricos, o que desencadeará até 2030 uma intensa crise hídrica. Atualmente, essa realidade afeta um quarto da população mundial, tornando ainda mais urgente a busca por soluções para essa problemática. No Brasil, segundo dados da ANA (2021), há um déficit de precipitação e escassez dos recursos hídricos na região da bacia do Paraná, que é responsável pelos principais reservatórios hidrelétricos do país. Assim, pode-se observar que esse problema está associado a planejamentos e execuções inadequados na área da gestão ambiental e hídrica, se estendendo para assuntos relacionados à políticas públicas, tornado a discussão desses fatos essencial para buscar formas de amenizar e apresentar melhores condições para o público afetado (LAZARO *et al.*, 2023).

Nesse sentido, é possível observar a importância da busca por soluções para essa problemática, visando o crescimento de pesquisas que tenham como principal objetivo o manuseio consciente e planejado dos recursos hídricos, seu gerenciamento e o incentivo por alternativas que amenizem essa questão, como o reuso de águas de lavagem de filtros (ARAUJO *et al.*, 2019).

Águas de lavagem de filtros (ALF), de acordo com a Resolução CONAMA n° 382 de 2006, são efluentes que foram utilizados durante as etapas de limpeza dos filtros nas Estações de tratamento de Água (ETAs), além de indicadores de qualidade da água, processos e operações utilizados. O tratamento de água por via de regra é feito através do método convencional, com as fases de: Coagulação, floculação, decantação, flotação, filtração e desinfecção (MÖNSTER, 2020). Contudo, o método convencional apresenta desvantagens relacionadas a necessidade de espaço, utilização de reagentes químicos, grande consumo elétrico e geração de resíduos (BRENNER, 2023). Não obstante, Menezes *et al.*, (2021) afirma que derivado desde processo, são gerados um grande volume de efluentes a partir da lavagem dos filtros e decantadores, que apresentam um potencial poluidor significativo, tanto dos corpos hídricos superficiais quanto dos subterrâneos.

Dessa forma, pode-se observar que a ALF representa um perigo elevado a saúde pública, graças a presença de partículas não sedimentadas, comprometendo a qualidade da água e aumentando as chances de contaminações por microorganismos que apresentam resistências as etapas executadas no método convencional nas ETAs. Ademais, o aumento da busca por água tratada com ausência de contaminantes descreve a necessidade por meios que facilitem a recirculação prática e viável das águas utilizadas durante as lavagens de filtros das ETAs (GOLINSKI *et al.*, 2023).

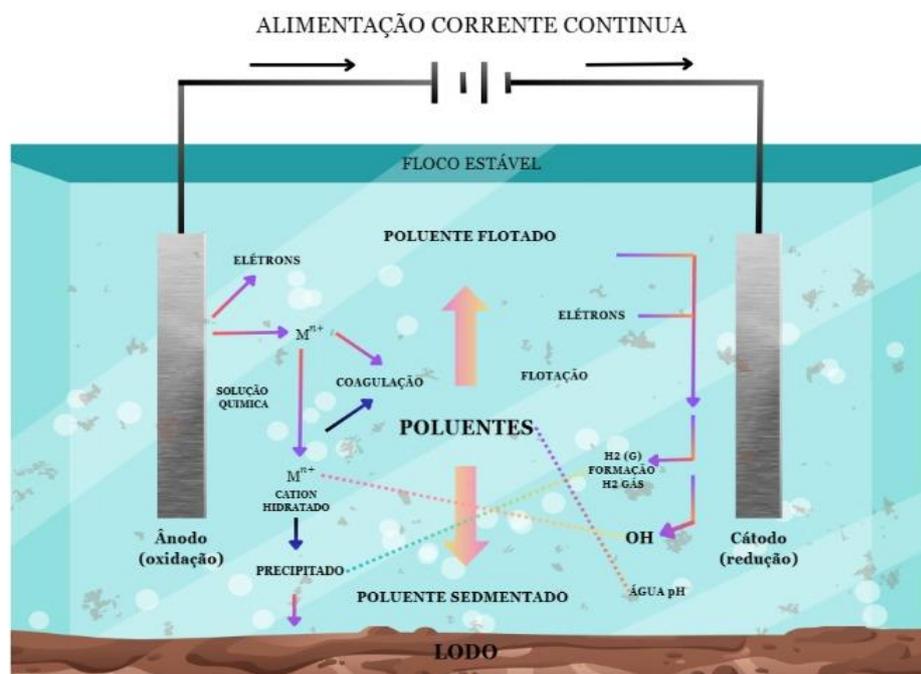
Segundos estudos realizados por Souza (2020), atualmente, não há legislações ou normas específicas no Brasil que tratem de forma direta e prática o tratamento e reuso das águas de lavagens de filtros, apesar disso, o interesse no desenvolvimento de alternativas para essa temática vem aumentando significativamente. Dessa forma, estudos que se aprofundem em desenvolver técnicas e processos que facilitem essa alternativa são essenciais, tendo em mente a redução do consumo dos recursos hídricos, facilitando o desenvolvimento sustentável e evitando o descarte inadequado, além da contaminação de corpos d'água.

Diante disso, a utilização de um sistema de eletrocoagulação-flotação (ECF), se apresenta como tecnologia de possível solução para o tratamento deste efluente. Esse processo funciona por meio da introdução do eletrodo na solução e acontece através de reações químicas que causam a dissolução do eletrodo, com esse podendo

ser de alumínio ou ferro, que quando impulsionado a uma corrente elétrica, resulta na hidrólise dos cátions gerados, formando o hidróxido que age como coagulante, fazendo com que os sólidos dissolvidos sejam facilmente retirados da solução (SHAHEDI *et al.*, 2020). Nesse tratamento, duas etapas tem papel essencial, sendo o ânodo, eletrodos de sacrifício, responsável pelos coagulantes no efluente e o cátodo que terá contato com os poluentes presentes na solução (MYLLYMÄKY, *et al.*, 2018). Essa forma de tratamento funciona através da geração de coagulantes por meio de uma corrente elétrica, podendo ser contínua (CC), ligada a eletrodos, promovendo a coagulação dos contaminantes, não sendo necessário a utilização de produtos químicos e sendo considerada uma ferramenta de fácil manuseio (Schneider, j, *et al.*, 2022).

A montagem do reator utilizado na eletrocoagulação pode ser feita com material acrílico, por ser simples e ter facilidade para a concepção do projeto, além de poder ter presente nas demais etapas a presença de materiais de baixo custo e fácil acesso como plástico, aço inox, alumínio e ferro (SILVA, 2021). A Figura 1 demonstra o funcionamento do reator eletrolítico utilizando eletrodo de alumínio.

**Figura 1-** Representação do processo de eletrocoagulação.



Fonte: Autores (2024).

Lima (2020), descreve o processo de eletrocoagulação como vantajoso quando se trata do tratamento de águas residuais, com remoção de nutrientes satisfatória, alta eficiência e de fácil manuseio. Fazendo adaptações em relação a quantidade/dimensão dos eletrodos utilizados e a potência elétrica, é possível ampliar essa forma de tratamento, contudo, a EC apresenta desvantagens pelo alto consumo de energia durante o tratamento e a possibilidade de descarte inadequado do lodo e alumínio gerados ao longo do tratamento, sendo assim, considerada uma fonte não limpa.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar, através de uma revisão sistemática da literatura, a observação do potencial tecnológico do uso de



processos eletrolíticos para o tratamento de águas de lavagem de filtro (ALF), com intuito de verificar a eficiência de seu tratamento e a possibilidade de reutilização dessas águas residuais.

## Material e métodos

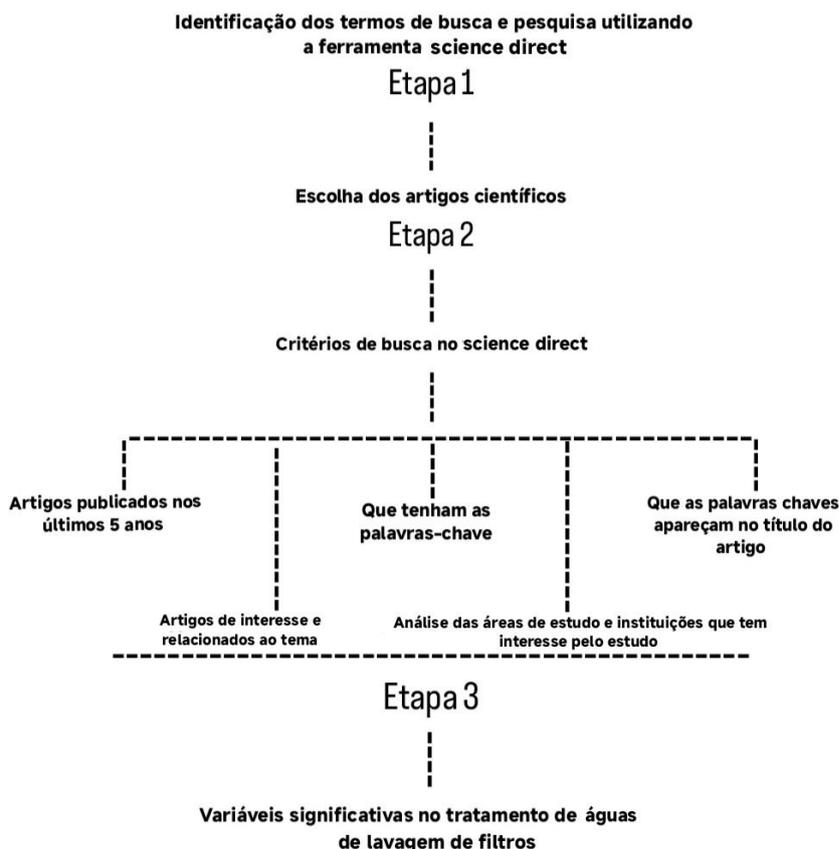
Para a observação dos principais estudos sobre a temática uso da tecnologia eletrolítica para o tratamento de águas de lavagem de filtros utilizou-se a revisão sistemática da literatura, dividindo o estudo em duas fases distintas: Pesquisa na base de dados e a Análise sistemática dos dados, conforme os estudos de Bezerra *et al.*, (2023) e Dari *et al.*, (2024).

### Pesquisa na base de dados

As buscas foram conduzidas utilizando o banco de dados do ScienceDirect, e utilizando critérios de inclusão e exclusão, como ocorrido nos estudos de MOUSAZADEH *et al.*, (2021) e ilustrado na Figura 2. As pesquisas foram realizadas em janeiro de 2024, usando os operadores lógicos: ALL = (“Electrocoagulation”) OR (“Electrolytic technology”) AND ALL = (“Filter washing water treatment”) OR (“effluents from water treatment plants”).

Na primeira Etapa foram realizadas as buscas no site do ScienceDirect, selecionada por ser reconhecida como uma plataforma de grande abrangência científica, com o banco de dados extensivo, a pesquisa iniciou-se sem restrições, assim podendo analisar o tema abrangendo todas as áreas, para verificar o uso da EC ao longo do tempo, como nos estudos.

### Figura 2 - Etapas metodológicas.



Fonte: Autores (2024).

## Análise sistemática

Após o processo de seleção e busca as publicações selecionadas foram compiladas em: Principais tipos de tecnologia eletrolítica utilizada; Desempenho do tratamento nos efluentes de lavagem de filtros, considerando variáveis operacionais dos reatores; Eficiência na remoção das variáveis ambientais, Turbidez, coliformes termotolerantes, remoção de metais e remoção de Matéria Orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

## Resultados e discussão

### Águas de Lavagem de Filtro

As águas de Lavagem de filtro, se caracterizam como efluentes de estações de tratamento de águas, oriundas dos processos de limpeza e manutenção dos sistemas primários e secundários de purificação das águas naturais (PES et al.,2023)

A frequência e a constituição destes efluentes, variam de acordo com as características das águas do manancial utilizado para o abastecimento, da forma de captação e os métodos de tratamento das estações de tratamento de águas.

Em geral mananciais que apresentam águas com maiores taxas de turbidez e sólidos dissolvidos, costuma trazer maiores demandas para os processos de coagulação, flotação e filtração das estações de tratamento de águas para a abastecimento, elevando a necessidade de limpeza de seus sistemas, representando



perdas que podem variar de 1 a 5 % da produção de águas da ETA (LEVORATO et al., 2023).

Howe, *et al.*, (2016) apresentam as características físico-químicas médias das águas de lavagem de filtro que podem ser observadas na Tabela 1. Nela é possível observar a expressiva presença de sólidos totais, compostos orgânicos, metais, na forma de alumínio ou ferro, materiais sedimentáveis como silicatos. Estas características impedem a reutilização direta destas águas nas estações de tratamento de águas e impõe a necessidade de um sistema de tratamento específico seja para o descarte em corpos hídricos receptores ou reuso como forma de aumento da oferta hídrica na região.

Além disso, Ismail (2020), afirma que esta tipologia de efluente ser oriunda direta do sistema de limpeza dos filtros das ETAs, apresentam considerável concentração de microrganismos, elevando seu grau de complexidade e necessitando de uma destinação adequada, devido aos seus riscos à saúde, quanto há eventual presença de patógenos e outros vetores de doenças de veiculação hídrica.

Regiões com históricas necessidades de aumento da oferta hídrica, devido a condições quantitativas e qualitativas de seus mananciais, tem no processo de tratamento de águas de lavagem de filtro uma alternativa de melhoria em suas eficiências do uso dos recursos hídricos, não só para o abastecimento humano com também a disponibilização da mesma para a produção agrícola, recarga de aquíferos ou descarga nos corpos hídricos receptores da região.

Tabela 1 - Características físico-química média das águas de lavagem de filtro.

Item	Unidade	Filtro granular
<b>Propriedades físicas</b>		
Volume	% de água tratada	1 - 5
Sólidos totais	mg/L	100 - 1000
Gravidade específica	sg	1,00 - 1,025
Resistência específica	m/kg	11 - 120 x 10 <sup>10</sup>
Viscosidade a 20 °C	N.S/m <sup>2</sup>	1 - 1,2 x 10 <sup>-3</sup>
Taxa de deposição inicial	m/h	0,06 - 0,15
<b>Constituintes químicos</b>		
DBO	mg/L	2 - 10
DQO	mg/L	20-200
pH	Adimensional	7,2 - 7,8
Sólidos		



Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ou Fe	%	20 - 50
Silicatos e materiais inertes	%	30 - 40
Compostos orgânicos	%	15 - 22

Fonte: Howe, *et al.*, (2016).

## Processos eletrolíticos

Segundo os estudos de Moreno (2021), a utilização do processo eletrolítico tem como foco principal a geração de meios que formem uma coagulação *in situ*. Para trabalhar com essa tecnologia é necessária uma solução contendo o efluente de estudo, onde, por meio de uma corrente elétrica, ao ser introduzido o ânodo de sacrifício o mesmo irá passar por uma dissolução, gerando assim os coagulantes necessários pra iniciar o processo de eletrocoagulação-flotação, onde os sais gerados através dos eletrodos considerados mais eficazes no Brasil são o de alumínio e ferro.

O tratamento eletrolítico possui fases que exemplificam o seu funcionamento, sendo dividido em projeto (especificando o sistema de tratamento), eletrodos (material e organização), efluente (volume e características), fonte elétrica (tipo de ligação, operação e capacidade da fonte), reator (modelo do reator e sua forma de operação) e por fim resultados (qualidade do tratamento pós EC). Nesse tratamento, a energia utilizada para a ligação do anodo apresenta o maior consumo da execução do processo de tratamento, sendo esse perfil inicial dependente da densidade da corrente elétrica, sua capacidade de condução elétrica e características relacionadas aos eletrodos utilizados durante as etapas, resultando em um primeiro estado de transição com maior demanda energética que pode ser visto em testes já realizados (ROMANI *et al.*, 2020).

O processo de eletrocoagulação é, muitas vezes, comparado com a coagulação química por causa de seus resultados (PEREIRA *et al.*, 2020), contudo, o uso do tratamento por meios químicos gera diversos problemas relacionados com os produtos utilizados, diferente do uso dos processos eletrolíticos que trabalha com a produção de coagulantes de forma mais eficaz, demonstrando grandes vantagens durante o seu uso (TEGLADZA *et al.*, 2021). Dessa forma, através do uso da corrente elétrica contínua onde o elétron atua como reagente limpo e eficaz é possível executar uma forma de tratamento diferente dos já estabelecidos. Em virtude disso, com os métodos que potencializam a coagulação convencional a eletrocoagulação (EC) se apresenta como ferramenta de fácil manuseio e de resultados satisfatórios para o tratamento de águas residuais (NASCIMENTO, 2018).

Nidheesh, *et al.*, (2022), afirma que a tecnologia eletrolítica já apresenta um reconhecido desempenho para o tratamento de diversos tipos de efluentes industriais com resultados significativos na remoção de matéria orgânica, metais e turbidez. O processo citado apresenta ainda desvantagens nos parâmetros consumo de energia elétrica e a necessidade de troca constante dos eletrodos graças ao seu desgaste durante o uso do eletrodo de sacrifício, contudo apresenta um gasto operacional baixo, se comparado com outras tecnologias (TAHREEN *et al.*, 2020). Os parâmetros operacionais da EC e as características do fluido são essenciais para seu estudo,



sendo alguns: Tempo, tipo de eletrodo, turbidez, coliformes, pH e material em suspensão (HAKIZIMANA *et al.*, 2017).

### **Desempenho de reatores eletrolíticos**

Com foco em resultados práticos da aplicação, Pes (2023), utilizando eletrodos de alumínio, ligação monopolar-paralela e espaçamento entre placas de 0,3 cm, observou após análises que 90% de turbidez do efluente foi removido, obtendo um excelente resultado ao fim do processo, saindo de 87 NTU para 0,87 NTU. Dessa forma, nota-se uma remoção considerável na turbidez em águas de lavagem de filtros, com pH de 6,40 e quantidade de alumínio correspondente a 10 mg/ L.

Já nos resultados apresentados por Maciel (2023), que também executou o tratamento utilizando a água de lavagem de filtros e eletrodos de alumínio em uma ligação bipolar-paralela com espaçamento entre as placas de 0,5 cm, obteve, no tempo de 10 minutos de eletrolise, uma remoção significativa de 83,3 %, saindo de 57 NTU para 9,51 NTU. Semelhante a isto, NALEVAIKO *et al.*, (2021) tratando efluentes de abatedouro de aves, teve como resultado uma remoção de turbidez de 78,3% e 99%, empregando um tratamento de 60 minutos.

Dessa forma, de acordo com a Resolução CONAMA n°503 de 2021 que fala sobre o reuso de efluentes em sistemas de fertirrigação, os níveis de turbidez do efluentes não pode exercer 5 NTU, tornando os resultados de Pes (2023) eficientes para esse uso. Já a resolução CONAMA n°357 de 2005, que trata sobre o enquadramento de corpos hídricos delimita um valor de até 100 UNT para turbidez para corpos hídricos de classe 3, logo, levando em consideração os resultados de Maciel (2023), apresentados acima, levando em consideração este parâmetro em específico, essas águas poderiam ser reinseridas no início do processo de tratamento da ETA, como águas brutas, serem tratadas e distribuídas como potável, diminuindo os níveis de desperdício das águas de lavagem de filtro.

Junto a isto, Von Sperling (2005), ressalta a importância da remoção da turbidez, já que a sua presença é o principal indicativo de microrganismos patogênicos. Além dos problemas formados pela sua composição de sólidos suspensos, material esse que dificulta o processo de remoção e de desinfecção convencionais realizados na ETA.

Cavalcante (2020), apresentou um objetivo diferente dos trabalhos anteriores, focando nos percentuais de remoção de coliformes no processo da EC com eletrodo de Alumínio, ligação Bipolar Paralela com e sem agitação de 300 RPM na remoção de coliformes totais com mais de 99% dos resultados positivos. Obtendo a remoção de 98,55% a 99,48% utilizando eletrodos de alumínio e ligação Bipolar Paralela e 99% a 99,82% utilizando os mesmos eletrodos e ligação, porém, com a agitação de 300 RPM.

Goerck (2021), utilizando também eletrodos de alumínio, ligação monopolar, efluente de uma ETE e com a agitação constante de aproximadamente 180 rpm, teve um resultado de 2,37 log (99,58%) para coliformes totais e de 2,35 log (99,55%) para E. coli, tendo como resultados finais  $1,75 \times 10^4$  NMP.100 mL<sup>-1</sup> e  $5,59 \times 10^3$  NMP.100 mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

Araujo *et al.*, (2020), com foco no processo eletrolítico, observou que, apesar de eficaz, ao fim do tratamento o lodo do efluente de estudo apresentava grandes concentrações de alumínio, proveniente dos eletrodos usados. Como alternativa para recuperar o alumínio, foi utilizado a retirada do lodo in natura por recuperação via ácida, utilizando o ácido sulfúrico e obteve o resultado maior que ao de lodos secos, comprovando assim, sua eficiência.



Utilizando o mesmo método, Follmann *et al* .(2021) constatou que a lixiviação ácida com lodo in natura e ácido sulfúrico é a forma mais eficaz para recuperação de alumínio proveniente do lodo do tratamento por EC. Recuperando, em um período de 15 minutos, cerca de 94,26% de alumínio em pH 2 e 100/153 RPM. Contudo, os melhores resultados da lixiviação ácida com lodo in natura e ácido sulfúrico foram encontrados com pH 1,20, 100 RPM com 95,73% do alumínio recuperado, em 15 minutos.

### Conclusões

Tomando por base as discussões levantadas neste trabalho, é possível observar a necessidade estratégica, para as Estações de tratamento de águas, a busca pela reutilização ou reinserção das águas de lavagem, com ferramenta de aumento da oferta hídrica nas regiões, em especial nas regiões com históricas necessidades hídricas.

Verificou-se que os desempenhos obtidos, com o uso de tecnologia eletrolítica no tratamento de diversas matrizes aquosas, com significativas taxas de remoção de turbidez, matéria orgânica, metais e coliformes totais são condizentes com as necessidades de tratamento das águas de lavagem de filtro e sua disponibilização para múltiplos usos.

Percebeu-se ainda, que todos os estudos da tecnologia eletrolítica para o tratamento de águas de lavagem de filtro ainda se encontram em fase de bancada e necessitam de mais estudos de variáveis de contorno para experimentos em escala real, mas apontam para um promissor uso da tecnologia para o tratamento exitoso de mais esta tipologia de efluente.

---

### Referências

ANA. Declara situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos da Região Hidrográfica do Paraná. Gov.br, 2021. Disponível em: <[www.gov.br](http://www.gov.br)>. Acesso em: 31 jan. 2024.

ARAÚJO, Juliana Alencar Firmo de et al. Caracterização das águas de lavagem dos filtros de uma estação de tratamento de água: estudo de caso na ETA Gavião-CE. 2019.

ARAÚJO, Tulio Campos de et al. Recuperação de alumínio contido no lodo de processo de eletrocoagulação. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 503, de 14 de dezembro de 2021.

CAVALCANTE, Reinaldo Fontes. Aplicação da tecnologia eletrocoagulação operada por corrente direta pulsada no pré-tratamento de águas eutrofiadas do sertão central cearense. 2020.



CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - (Brasil). Resolução nº 357, de 29 de março de 2005. DOU, n. 053, de 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FOLLMANN, Hioná Valéria Dal Magro et al. Valorização do lodo resultante de processo de eletrocoagulação para tratamento de esgoto sanitário: recuperação e reutilização do alumínio e estudo da adequabilidade e segurança do lodo para uso na agricultura. 2021.

GOLINSKI, Elaine et al. Tratamento de água de lavagem de filtro por sedimentação simples e assistida por coagulante recuperado de lodo de decantador de estação de tratamento de água. 2023.

GOERCK, Janaina et al. Eletrocoagulação como pós-tratamento do efluente de um wetland construído de escoamento vertical. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, p. 113-121, 2021.

ISMAIL, Isadora Alves Lovo. Plano de segurança da água de lavagem de filtros de estações de tratamento de água de ciclo completo. 2020.

LAZARO, Lira Luz Benites et al. Assessing water scarcity narratives in Brazil- Challenges for urban governance. Environmental Development, v. 47, p. 100885, 2023.

LEVORATO, Paulo Henrique Ramos. Estudo do processo de eletrocoagulação aplicado em efluente real da indústria de metalmeccânica. 2023.

LIMA, M. V. A. Eletro Biorreator à membrana para tratamento de esgoto sanitário: recuperação de alumínio contido no lodo de processo de eletrocoagulação tratando esgoto sanitário. Santa Catarina, 2020.

MACIEL, Nidson Maia. Análise do desempenho da aplicação de um reator eletrolítico no tratamento de água de lavagem de filtro da ETA de Quixadá. 2023.

MENEZES, Ana C. L. S. M. de et al. Caracterização da água de lavagem de uma estação de tratamento de água, com vistas ao reuso. 2021.

MESQUITA, Camila Luciana Silva de. Hidrogênio verde, uma alternativa promissora em solos brasileiros: Uma revisão bibliográfica. 2022.

MÖNSTER, William. Avaliação de desempenho entre duas tecnologias de tratamento de água - estudo de caso: tecnologia de filtração lenta x tecnologia de tratamento convencional. 2020. 105 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, SC, 2020.

MORENO, João Gabriel Brito. Remoção de fosfato dissolvido em solução aquosa através do processo de eletrocoagulação com eletrodos de cobre. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



MYLLYMÄKI, P. et al. Removal of total organic carbon from peat solution by hybrid method—Electrocoagulation combined with adsorption. *Journal of Water Process Engineering*, v. 24, p. 56-62, 2018.

NALEVAIKO, Jaqueline Zanovelli; RUFATO, Everton Duim; TELEKEN, Joel Gustavo. Redução de DQO e turbidez em efluente de abatedouro de aves tratado por eletrocoagulação. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 341-357, 2021.

NIDHEESH, P. V. et al. Emerging applications, reactor design and recent advances of electrocoagulation process. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 166, p. 600-616, out. 2022. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2022.08.051>>.

PEREIRA, Thiago Castanho et al. Aplicação da eletrocoagulação assistida por radicais livres na remoção de p-nitrofenol em solução aquosa. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PES, Fernanda da Silva. Potencial de um sistema de eletrocoagulação-flotação para o pré-tratamento e reciclo da água de lavagem de filtros em uma estação de tratamento de água. 2023.

ROMANI, Maurício et al. Estudo dos fenômenos de ativação de eletrodos, difusão e migração iônica em meio eletrolítico e sua representação matemática da demanda energética no processo de eletrocoagulação: o papel da condutividade elétrica na remoção de poluentes. 2020.

SCHNEIDER, Jaine et al. Avaliação da eletrocoagulação e otimização de processo microbiológico de tratamento de efluente de uma indústria de cosméticos. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SHAHEDI, A.; DARBAN, A. K.; TAGHIPOUR, F.; JAMSHIDI-ZANJANI, A. Current Opinion in *Electrochemistry*, v. 22, p. 154, 2020.

SILVA, Luiz Felipe Cavalcante da. Ozonização associada à eletrocoagulação, eletroflotação e eletro-oxidação no pré-tratamento de águas eutrofizadas para consumo humano. 2021.

SOUSA, Luciana Paula de et al. Análise dos cenários de recirculação da água de lavagem dos filtros de uma ETA compacta para aplicação in plant. 2020.

TAHREEN, Amina; JAMI, Mohammed Saedi; ALI, Fathilah. Role of electrocoagulation in wastewater treatment: A developmental review. *Journal of Water Process Engineering*, v. 37, p. 101440, 2020.

UNITED NATIONS Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: O valor da água. Disponível em:



<[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751\\_por.locale=en](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por.locale=en)>. Acesso em: 31 jan. 2024.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade e ao tratamento das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.