



SISTEMA MÓVEL E AUTOMATIZADO DE TRATAMENTO DE ÁGUA USANDO TRATAMENTOS ELETROQUÍMICOS E FÍSICOS PARA LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO A SITUAÇÕES EMERGENCIAIS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6283

Autores: GABRIEL BLANCO DE ANDRADE, João LUCAS ROSA, CAIO CESAR JACOB SILVA

Resumo: Fornecer água limpa continua é um desafio, especialmente em áreas remotas ou afetadas por emergências, onde a infraestrutura é inadequada ou inexistente. Neste trabalho, desenvolve-se um equipamento portátil e automático de tratamento de água, que integra os processos de eletrocoagulação, eletrofloculação e ultrafiltração. O sistema foi projetado para não usar produtos químicos, pouco consumo de energia e alta mobilidade, oferecendo um método eficaz para combater a turbidez e a contaminação com vírus e bactérias. A automação industrial implementada neste sistema permite a integração dos processos de filtração e limpeza, garantindo a estabilidade das características de qualidade da água de saída. Por meio de experimentos e ensaios, o sistema demonstre sua eficiência prévia (testes em andamento), com altos percentuais de remoção de contaminantes e estabilidade operacional. A solução tem relevância em áreas rurais, resposta a desastres e locais de difícil acesso.

Palavras-chave: Mobilidade, Automação, Tratamento de água

SISTEMA MÓVEL DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO E SITUAÇÕES EMERGENCIAIS

1 INTRODUÇÃO

“Água é a força motriz de toda a natureza”, disse Leonardo da Vinci. No cenário brasileiro atual, garantir a água potável como um direito universal é um dos desafios mais urgentes que as autoridades públicas enfrentam, especialmente em territórios distantes de grandes centros urbanos ou em situações de crises ambientais e humanitárias.

Este projeto foi desenvolvido no contexto da formação de estudantes de Engenharia de Controle e Automação, integrando metodologias de ensino-aprendizagem ativas, como a aprendizagem baseada em projetos (ABP). Durante sua execução, os estudantes puderam desenvolver competências técnicas e multidisciplinares essenciais à profissão, como o pensamento crítico, resolução de problemas, trabalho em equipe e aplicação prática de conhecimentos em automação e tratamento de água.

É aqui que a Engenharia é um elo chave, pois traz tecnologia e capital humano para enfrentar tais crises. Como resultado, sistemas compactos e móveis de tratamento de água são elaborados para cumprir o propósito, e sistemas de tratamento químico como a eletrocoagulação, eletrofloculação, ultrafiltração se tornam bem como instalações de automação de processos.

Tais sistemas constituem alternativas eficientes para atender, de forma pontual e emergencial, comunidades em situação de vulnerabilidade (Santos, 2018). A Engenharia de Controle e Automação desempenha um papel crucial no avanço de novas tecnologias para o tratamento de água em áreas remotas e em comunidades onde a infraestrutura adequada não está prontamente disponível.

Por exemplo, na eletrocoagulação, a corrente elétrica é usada para aglomerar as partículas suspensas e os poluentes por meio de íons metálicos dos eletrodos sacrificiais (Vasudevan, 2011). Relacionado à eletrofloculação, ela melhora a aglomeração de flocos e, assim, a separação física das impurezas (Gomes et al., 2015).

A combinação tecnológica tem a vantagem de funcionar com baixo consumo de químicos, o que é adequado para aplicações de alta mobilidade e baixo custo. Além disso, a ultrafiltração também é uma barreira extremamente eficiente para sólidos, microrganismos e macromoléculas, baseada em membranas com tamanhos de poros no intervalo submicrométrico (Mulder, 1996). A ultrafiltração atua como uma barreira física altamente eficiente para a remoção de sólidos, microorganismos e macromoléculas, utilizando membranas com poros microscópicos. Além disso, esta tecnologia possibilita a automação em dispositivos mecânicos em miniatura, tornando-a altamente compatível com aplicações móveis e sustentáveis.

A combinação destes processos de ultrafiltração, com automação industrial são uma proposta promissora e atraente para o tratamento de água potável em regiões com infraestrutura precária. Esta solução tecnológica atende aos desafios atuais da Engenharia no Brasil e traz uma alternativa sustentável que atende às preocupações sociais e ambientais do país. E nisso, a Engenharia de Controle e Automação reafirma seu papel estratégico no desenvolvimento de soluções acessíveis, eficientes e sustentáveis, voltadas para garantir o direito inalienável à água potável.

Com este sistema espera-se obter "redução de 99,99% de vírus e 99,9999% de bactérias, Giardia e Cryptosporidium, de 50% a 90% de COT (Carbono Orgânico Total) e após o processo: $\leq 0,1$ mg/l de SST (Sólidos Suspensos Totais - dependendo da água de entrada nativa)" - conforme o *Fact Sheet* (folha de dados), Aquasource XS-700B, equipamento da Veolia, que possui a mesma membrana, mas em tamanho industrial.

Finalmente, o projeto espera-se que seja uma boa ferramenta para treinamento técnico especializado, com possibilidades de aprimoramento profissional em regiões onde há pouco segmento técnico. Esses sistemas, como o descrito por (Santos, 2018), são capazes de atingir mais de 98% de eficiência na redução de turbidez e sólidos totais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A implementação do sistema descrito depende da qualidade da água receptora endógena. No Brasil, as águas são categorizadas de acordo com sua origem e natureza em conformidade com critérios estabelecidos por organizações ambientais e de saúde. A água do tipo 3, conforme mostrado na FIGURA 1, representa fontes contaminadas com abundantes matérias orgânicas, alta turbidez e outras impurezas, e é tipicamente poluída com poluição urbana ou rural. O tipo 3 informa características mais complexas, exigindo tratamento mais intenso para buscar os parâmetros de potabilidade necessários conforme a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Nessa portaria, os níveis máximos de turbidez, coliformes, pH, entre outros parâmetros, são estabelecidos para que a água seja classificada como potável.

Figura 1: Classificação de tipos de água

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas: cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cereais e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Fonte: Peres (2018, p. 18)

De acordo com a qualidade da água de alimentação, o sistema proposto foi projetado utilizando tecnologias que são básicas para tornar a água de alimentação apta para o consumo no usuário final, são estas:

A **Eletrocoagulação (EC)** é um dos processos eletroquímicos mais aplicados. Consiste em cargas elétricas em eletrodos metálicos introduzidos na água ou efluentes, e, portanto, desestabilizando as partículas coloidais e dissolvidas - (HOLT et al., 2002).

A dissolução anódica do metal (geralmente ferro ou alumínio) em íons metálicos (Fe^{3+} ou Al^{3+}) ocorre durante o curso do EC. Os íons MOHAB hidrolisam para $\text{M}(\text{OH})_{n+4-n}$ enquanto reagem com a água, seguidas pela coagulação na forma de hidróxidos metálicos.

A principal vantagem dessa tecnologia é que elimina a adição de coagulantes químicos à água, e a consequente redução de custos e riscos ambientais associados ao seu uso (MOSKOVSKY et al., 2011).

A **Eletrofloculação (EF)** realmente é um complemento ao EC, nesta etapa estão as moléculas da água com as substâncias que conseguiram capturar e que se combinam na forma de flocos (o bem conhecido lodo). Além disso, esta etapa também serve para flutuar esses flocos para a superfície da água. Tal procedimento é ampliado pela geração de bolhas de hidrogênio e oxigênio durante a eletrólise, o que induz a flotação eletroquímica do floco (Chen, 2004).

Tal eficiência é influenciada pela densidade de corrente, distância inter eletrodos, tipo de eletrodo e tempo de operação. EF é altamente eficiente na remoção de óleos, sólidos, metais pesados e orgânicos (EMAMJOMEH, SIVAKURMAR, 2009).

Já a **Eficiência e Aplicações** a literatura mostra que a combinação de EC e EF pode alcançar eficiências superiores a 90% na remoção de poluentes com menor produção de lodo e custo operacional, quando associada a uma fonte de energia renovável (RAJESH et al., 2020). Tais operações são empregadas em, por exemplo:

- Tratamento de água da indústria têxtil, petroquímica e de alimentos;
- Redução de metais pesados e COD;
- Tratamento de água para reúso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema proposto, utilizando estrutura de perfil de alumínio, é mais leve e menor do que aqueles feitos de outros materiais, como aço carbono, resultando em uma diferença de 65% (Oliveira, 2024). Rodas multidirecionais foram fixadas para facilitar a movimentação. Dentro desta estrutura de alumínio tem-se o sistema de inicial, que é contido em um reservatório de acrílico, onde se encontra as seguintes etapas para o funcionamento do projeto:

Pré-filtração: Um filtro tipo bolsa que retém sólidos grandes, como pontas de cigarro e plásticos.

Eletrocoagulação: As células de eletrocoagulação consistem em placas de alumínio dispostas verticalmente com 200 x 200 mm, alimentadas por uma fonte de alimentação de corrente contínua de 24VDC/50A (comum para o sistema de controle e a eletrofloculação), funcionando para aumentar as reações de eletrocoagulação e a formação de partículas coagidas que podem ser facilmente recuperadas por flotação da água (Grecco et al., 2022).

Eletrofloculação: Neste sistema, a aplicação também é feita de placas de alumínio, dispostas em uma distribuição horizontal na forma de um "E" no fundo dos respectivos reatores. Isso faz com que haja mais contato das bolhas de H_2 com a água coagulada, e mais lodo seja produzido na superfície (Peres, 2018).

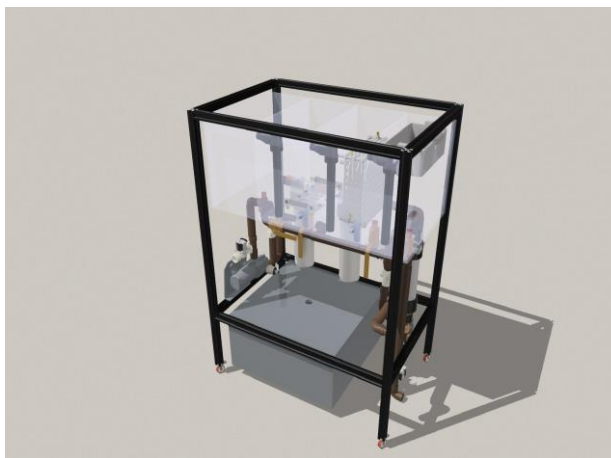
Filtração intermediária: Dois estágios de filtros de cartucho de 15 e 5 microns são usados para proteger a membrana de ultrafiltração, interceptando partículas intermediárias que podem fazer a membrana de ultrafiltração falhar. Os filtros são tipicamente utilizados em reservatórios de água para bloquear o fluxo de partículas e

permitir que as partes de consumo sejam facilmente acessadas.

Ultrafiltração: A última etapa é a membrana ZeeWeed 700B-225, que é ultra-densa e pode reter partículas finas e microorganismos, garantindo assim a segurança bacteriológica da água tratada (SUEZ, 2023). A membrana é baseada na tecnologia de sete furos (uma aquisição recente da Suez pela Veolia) para proporcionar uma área de membrana maior do que as alternativas de ultrafiltração. Este liner pode segurar partículas de até 0,9 mm.

O sistema foi desenhado em sua integridade no software Shapr3D, para que possa nortear os integrantes no sentido de posicionamento, espaço e materiais, como pode ser visto nas Figuras 2 e 3.

Figura 2: Vista Isométrica



Fonte: Autor

Figura 3: Vista superior



Fonte: Autor

Todos os materiais utilizados podem ser encontrados em centros urbanos e serão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Lista de materiaisFonte: Autor

Quantidade	Descrição
8 peças	Conexão roscada 3/4" (externa)
6 peças	Conexão roscada 1/2" (externa)
1 peças	Válvula agulha
1 peças	Mangueira de 1/2"
4 peças	Conexões pneumáticas
3 peças	Sensor de pressão
1 peças	Válvula de retenção
2 peças	Luvas de 1/2"
4 peças	Luvas de 3/4"
1 peças	Manômetro
11 peças	Relés 220V
1 peças	CLP Siemens
27 peças	Conexão roscada 1/2" (interna)
4 peças	Válvula esférica manual 3/4"
2 peças	Anéis de redução 3/4" para 1/2"
2 peças	Redução de 3/4" para 1/2"
10 metros	Cabo 3 x 2,5 mm ²
15 metros	Cabo 2 x 1,5 mm ²
10 metros	Cabo 0,5 mm ²
2 peças	Tanque acrílico
1 peças	Painel de comando (200 x 400 mm)
2 peças	Filtros cartucho
1 peças	Filtro de pano
1 peças	Membrana de ultrafiltração Zeeweed 700B-225
8 peças	Chapa de alumínio 200x200 (eletrocoagulação)
2 peças	Chapa de alumínio em forma de "E" (eletrofloculação)
1 peças	Bomba diafragma 12/24 VDC 100W
3 metros	Tubulação de 3/4"
5 metros	Tubulação de 1/2"
11 peças	Válvulas solenóide 220V
7 peças	"T" de PVC 1/2"
12 peças	"T" de PVC 3/4"
19 peças	Cotovelo de 1/2"
7 peças	Cotovelo de 3/4"
1 peças	Cotovelo redução 3/4" para 1/2"
18 peças	Kit conector universal 30
2 peças	Kit conector cabeça articulada 30
2 peças	Rodízio PVC giratório de espiga preto
2 peças	Rodízio PVC giratório de espiga com freio
4 peças	Cantoneira 90° (fosco) 38x38x28 para M6
10 peças	Arruela lisa M6
10 peças	Arruela pressão M6
10 peças	Porca sextavada M6
20 peças	Parafuso martelo M6x20 mm-ZB base 30
7,55 metros	Perfil 30x30mm - Canal 8 - Anodizado fosco

Fonte: Autor

A **Integração dos Processos** na automação não se limita ao controle das variáveis de limpeza da membrana de ultrafiltração, mas se estende para gerenciar e controlar os primeiros estágios de tratamento realizados em um tanque de acrílico (600x400x400mm). Estes estágios vêm antes da filtração por cartucho e da ultrafiltração, e são etapas essenciais na preparação da água. O tanque apresenta quatro seções internas, vertical e uniformemente espaçadas, de cima para baixo, para compartimentalizar os processos a jusante e inibir a mistura dos processos de água tratada.

Durante a primeira etapa, a alimentação funciona à medida que o sistema recebe água não tratada, onde detritos como plásticos, pontas de cigarro e outros sólidos maiores podem estar presentes. Esses componentes são interceptados por um filtro de bolsa, que serve como um pré-filtro mecânico, de modo que componentes mais grosseiros não possam avançar no processo, causando obstruções e protegendo as unidades a jusante.

O nível da água sobe fazendo com que tenha a passagem para o segundo compartimento, onde a eletrocoagulação é realizada. Esta etapa consiste em 8 placas de alumínio, verticalmente posicionadas, sendo 4 delas positivas e as outras 4 negativas. Suas dimensões são 200 mm x 200 mm e sua distância de uma para a outra é de 1 cm. Estas placas são alimentadas por uma fonte de energia de 24VDC e 50A que também alimenta outros elementos do sistema (eletrofloculação, bomba e PLC). Durante a eletrocoagulação, formam-se hidróxidos metálicos que desestabilizam as partículas coloidais, induzindo o crescimento de flóculos (Grecco et al., 2022). O lodo coletado sobe para a superfície por ser menos denso e é continuamente removido da superfície da água por um dreno superficial.

A água intermediária, substancialmente livre de sólidos e não em contato com o fundo ou superfície, sobe até o terceiro compartimento, que contém a etapa de eletrofloculação. Este estágio utiliza duas placas metálicas (uma positiva e outra negativa) em formato de “E”, dispostas horizontalmente no fundo do compartimento e separadas por 1 cm. Esta geometria é mais adequada para o processamento eletrolítico, para a liberação de microbolhas de hidrogênio e oxigênio (H_2 e O_2), que contribuem para a ascensão eficiente dos flóculos à superfície (Nascimento, 2011). O lodo superficial é então removido, assim como o passo anterior. A eletrofloculação contribui para o adensamento dos flocos e complementa a remoção de contaminantes por meio de agregação física (Peres, 2018).

A água da zona clarificada flui por gravidade para o reservatório, um buffer para as etapas de polimento: filtros de cartucho (15 μm , 5 μm) e a membrana UF ZeeWeed 700B-225. Ainda há uma manta filtrante no fundo do tanque nesta etapa para capturar quaisquer resíduos sólidos restantes que possam ter sido perdidos nas operações anteriores.

Este design modular de tanque único proporciona compacidade e portabilidade ao sistema, bem como maior controle pelo CLP. Todos os fluxos entre compartimentos são passivos, devido à pressão atmosférica, e drenos, válvulas e bombas são controlados automaticamente com base em sensores de nível e pressão. Este arranjo é muito importante para maximizar o desempenho, minimizar a necessidade de intervenções manuais frequentes e melhorar a estabilidade do sistema contra variações na qualidade da água de entrada.

O sistema, operado por um CLP Siemens S7-300, não apenas monitora os parâmetros operacionais, mas também otimiza os tempos de filtração, retrolavagens e limpeza das membranas de ultrafiltração. Válvulas solenoides operadas por 220VAC com relés de estado sólido garantem operação rápida e confiável, independentemente das condições de operação. O CLP foi escolhido por sua fácil programação e forma de instalação, considerando que é um modelo experimental. Mas para conveniência, também podemos considerar o uso de outros controladores ou microcontroladores, como o ESP 32 e o Arduino MEGA, alternativas de baixo custo mas altamente compatíveis com ajustes de hardware e software. Hábitos de manutenção da membrana são vitais para o funcionamento adequado da ultrafiltração. Para isso, o sistema está equipado com um tanque de água ultrafiltrada, que é preenchido

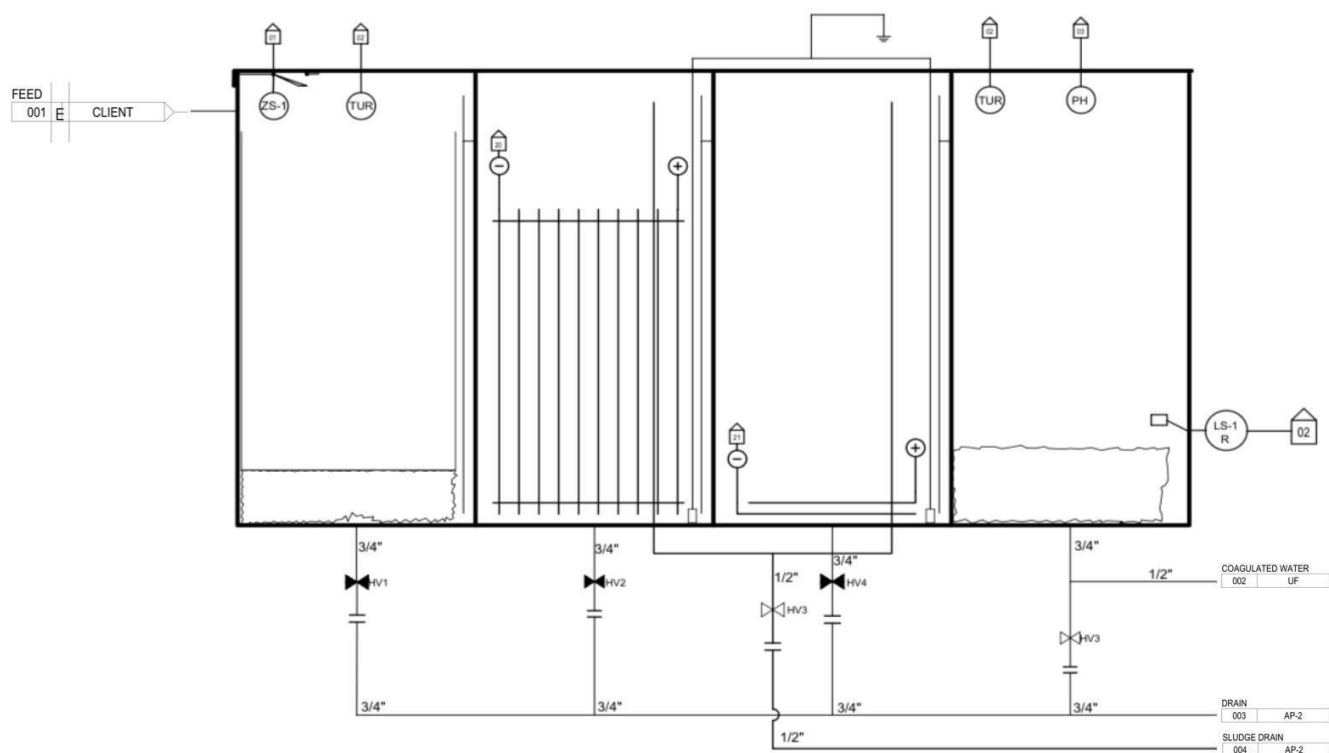
automaticamente no início de cada processo. Este tanque fornece água limpa durante a retrolavagem e ciclo de enxágue, o que previne a contaminação cruzada e aumenta a vida útil da membrana.

O programa também pode controlar a filtração, retrolavagem e enxágue da membrana de ultrafiltração, com válvula solenoide de 220VAC. As válvulas de alimentação e permeado são controladas pelo PLC para manter a pressão transmembrana (TMP) ideal durante a operação de filtração.

Os ciclos de retrolavagem são acionados automaticamente quando a pressão transmembrana (TMP) ultrapassa 0,6 bar ou após 30 minutos de operação contínua. Já o ciclo de flush ocorre por 20 segundos após cada retrolavagem ou sempre que o sistema é desligado. Todas essas configurações são ajustáveis pelo CLP ou podem ser ajustadas com base na qualidade da água de entrada.

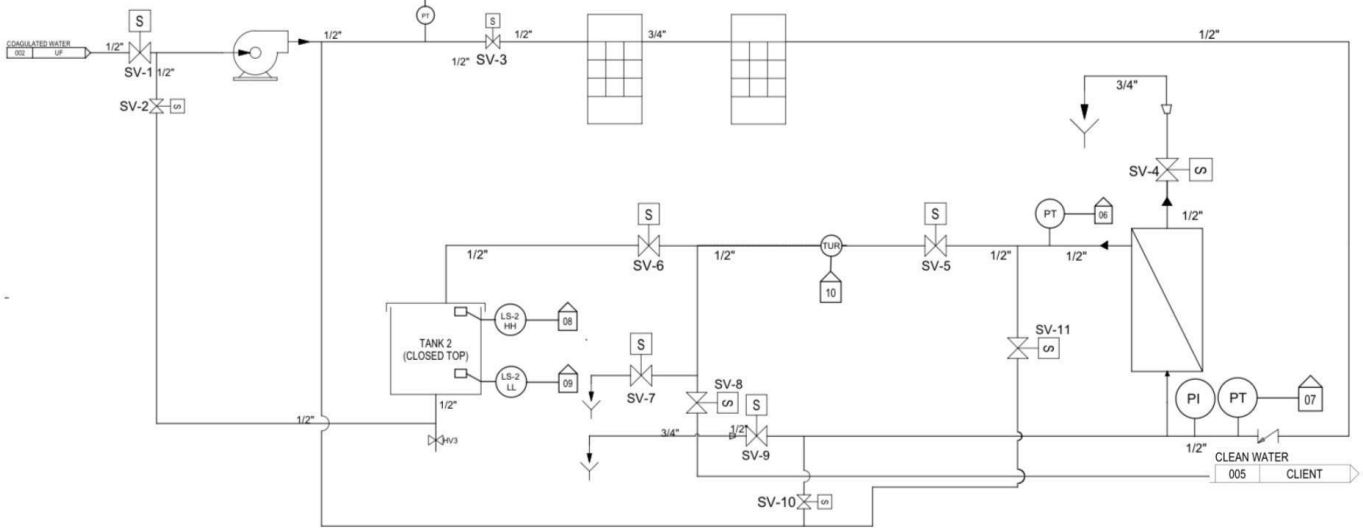
A Figura 4 mostra o P&ID (diagrama de tubulação e instrumentação) da unidade de eletrocoagulação e eletrofloculação, que foca no caminho de fluxo hidráulico entre as paredes do tanque e os pontos de extração de lodo. A última etapa é a etapa de ultrafiltração ilustrada na Figura 5, compreendendo o tanque de permeado e os sensores de pressão e válvulas que controlam os ciclos automáticos de limpeza.

Figura 4: P&ID da etapa de eletrofloculação/eletrocoagulação.



Fonte: Autor

Figura 5: P&ID da etapa de ultrafiltração.



Fonte: Autor

4. RESULTADOS ESPERADOS

Os ensaios realizados mostram que o sistema proposto de tratamento de água é tecnicamente viável. Nos primeiros testes realizados, as unidades de eletrofloculação e eletrocoagulação geraram flocos. Além disso, a corrente foi mantida dentro de um valor próximo do nominal, o que indicou concordância entre previsões e desempenho.

Embora ainda haja atividades pendentes na montagem física do sistema, a lógica de controle foi testada com sucesso. Nessas circunstâncias, os ciclos automáticos de retrolavagem e lavagem rápida (flush) preservaram a vitalidade dos componentes e demonstraram que a execução autônoma, sem intervenção constante do operador, é viável. Espera-se que os protocolos implementados mantenham a integridade da membrana e minimizem o tempo de inatividade do sistema nos testes piloto.

A membrana de ultrafiltração utilizada, com tamanho de poro inferior a $0,04 \mu\text{m}$, constitui uma barreira eficaz contra partículas e microrganismos, resultando em efluentes com baixa turbidez e reduzida carga microbiológica. No entanto, para manter esse desempenho, são necessárias verificações periódicas e monitoramento contínuo dos parâmetros operacionais.

Com a montagem indicada na Figura 6, testes em água superficial de diferentes perfis serão conduzidos. Esta etapa permitirá validar o desempenho hidráulico, elétrico e sanitário sob condições reais de operação, além de avaliar a robustez do sistema frente às variações da qualidade da água de entrada.

Figura 6: Sistema montado.



Fonte: Autor

Para isso, foram fundamentais diversas áreas da formação acadêmica, como instrumentação e sensores industriais (para monitoramento de variáveis como pressão e nível), máquinas e comandos elétricos, eletricidade, eletrônica e controladores lógicos programáveis (no desenvolvimento do hardware e da lógica de controle com CLP), química e processos físico-químicos (para compreensão dos mecanismos de eletrocoagulação, floculação e ultrafiltração), controle de processos (essencial para o sequenciamento das etapas, ajuste de parâmetros operacionais, respostas automáticas a distúrbios e otimização da eficiência do sistema).

5. CONCLUSÃO

Os resultados iniciais sugerem que a solução proposta combina eficiência no tratamento de água com facilidade operacional e mobilidade. Essas características tornam o sistema especialmente atrativo para aplicação em pequenas comunidades, regiões de difícil acesso e contextos emergenciais.

Além do desempenho técnico, destaca-se também o potencial educacional do projeto, que proporcionou aos estudantes uma experiência prática e multidisciplinar, envolvendo conhecimentos de automação, processos físico-químicos e controle de sistemas, alinhando-se aos objetivos de formação profissional na engenharia.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às famílias e professores pelo apoio durante a trajetória acadêmica, bem como aos colegas do IFSP e das empresas onde realizaram estágio. Agradecimentos especiais ao Diretor Comercial da ES-Products da Veolia, Marcus Simionato, pelo fornecimento da membrana de ultrafiltração utilizada no projeto.

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, n. 83, p. 94–97, 5 maio 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 5 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde*. Brasília, [s.d.]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf. Acesso em: 5 jun. 2024.

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*, v. 38, n. 1, p. 11–41, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222665995_Electrochemical_Technologies_in_Wastewater_Treatment_Separation. Acesso em: 25 jul. 2024.

EMAMJOMEH, M. M.; SIVAKUMAR, M. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 5, p. 1663–1679, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19181438/>. Acesso em: 27 jul. 2024.

GONÇALVES, Sílvia Patrícia Almeida. *Eficiência de sistemas de tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar e avaliação ecotoxicológica*. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Sanitária) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/352044653>. Acesso em: 16 jun. 2024.

GRECCO, Luís Henrique Araújo; SOUZA, Bárbara Camila de Araújo; ZANONI, Maria Valnice Boldrin. Eletrocoagulação/eletrofloculação para tratamento de águas residuárias: eletrodos não convencionais e acoplamento de técnicas. *Química Nova*, São Paulo, v. 45, n. 4, p. 410–423, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/yvJSLtRbXYQTqrkjyhZBGyy/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2024.

HOLT, P. K. et al. A review of electrocoagulation for the treatment of wastewater. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 211, p. 233–248, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775702002856>. Acesso em: 1 ago. 2024.

MALTA, Sílvia Mirella Barros de et al. *Manual de tecnologias sustentáveis para tratamento de água no semiárido brasileiro*. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, 2011. 160 p. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7888VSVHBqZK7Bnz85X5Z8x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2024.

NASCIMENTO, Marcelo Rodrigues do. A sinergia das técnicas eletrofloculação-eletrocoagulação para a desestabilização de emulsões tipo óleo-água. *Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, João Pessoa, n. 19, p. 26–33, dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/200>. Acesso em: 17 jul. 2024.

PERES, Luweny Rodrigues Tavares. *Vantagens da eletrofloculação no tratamento convencional de água*. 2018. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, Três Rios, RJ, 2018. Disponível em: <https://itr.ufrjr.br/portal/vantagens-da-eletrofloculacao-no-tratamento-convencional-de-agua>. Acesso em: 17 jul. 2024.

SANTOS, Pedro Vieira Souza. Eletrofloculação no tratamento de efluentes industriais: suporte às práticas de gestão ambiental. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10., 2018, São Cristóvão. *Anais...* São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2018. p. 12–15. Disponível em: <http://www.simprod.ufs.br>. Acesso em: 15 maio 2025.

SUEZ WATER TECHNOLOGIES & SOLUTIONS. *ZeeWeed Ultrafiltration (UF) – ZW700B-225: datasheet técnico*. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.lenntech.com/Data-sheets/SUEZ-ZeeWeed-ZW700B-225-L-EN.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

VARMA, Anil Kumar. Electrocoagulation-based removal of heavy metals from wastewater: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, [S.l.], 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332752633>. Acesso em: 4 ago. 2024.

VEOLIA WATER TECHNOLOGIES. *Aquasource XS-700B Ultrafiltration System – product datasheet*. [S.l.]: Veolia, 2025a. Disponível em: <https://estore.watertechnologies.com/document/document/search/?st=700b>. Acesso em: 1 jun. 2025.

Abstract:

**MOBILE WATER TREATMENT SYSTEM FOR HARD-TO-REACH PLACES AND
EMERGENCY SITUATIONS**

Providing clean water remains a challenge, especially in remote areas or those affected by emergencies, where the infrastructure is inadequate or nonexistent. In this work, a portable and automatic water treatment device is developed, which integrates the processes of electrocoagulation, electroflocculation, and ultrafiltration. The system was designed to not use chemicals, have low energy consumption, and high mobility, offering an effective method to combat turbidity and contamination with viruses and bacteria. The industrial automation implemented in this system allows for the integration of filtration and cleaning processes, ensuring the stability of the output water quality characteristics. Through experiments and trials, the system demonstrates its prior efficiency (ongoing tests), with high percentages of contaminant removal and operational stability. The solution is relevant in rural areas, disaster response, and hard-to-reach locations.

Keywords: Water treatment; Automation; Mobility.

