

## APLICAÇÃO AMBIENTAL DE LÍQUIDOS IÔNICOS NO TRATAMENTO AVANÇADO DE ÁGUAS E EFLUENTES<sup>1</sup>

Vitor Luís Kuchnier<sup>2</sup>, Everton Skoronski<sup>3</sup>, Viviane Trevisan<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Aplicação ambiental de líquidos iônicos no tratamento avançado de águas e efluentes”

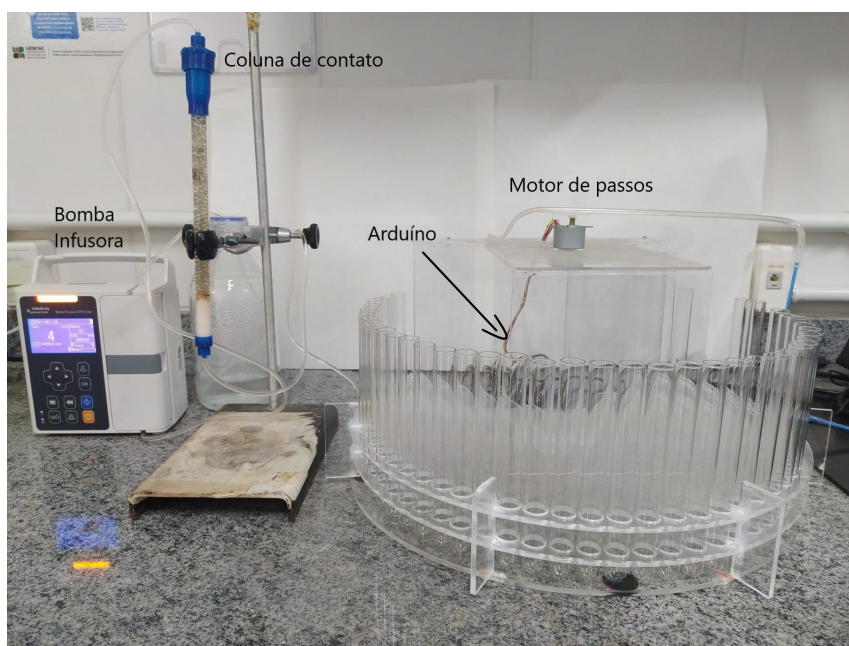
<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – CAV – Bolsista PIBIC/CNPq

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – CAV – [everton.skoronski@udesc.com](mailto:everton.skoronski@udesc.com)

<sup>4</sup> Co-orientadora, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – CAV – [viviane.trevisan@udesc.br](mailto:viviane.trevisan@udesc.br)

O foco deste estudo foi avaliar a viabilidade do decanoato de trihexiltetradecilfosfônio, um líquido iônico (IL), para reduzir a concentração de 2,4 diclorofenol em água contaminada com 1.000 mg/L (ou 1 g/L) desta substância. O 2,4 Diclorofenol é um composto presente em pesticidas, herbicidas e anti-sépticos. Dada a sua toxicidade e persistência no ambiente, é considerado um poluente de alta prioridade. Embora essencial na proteção de plantações, métodos convencionais de tratamento de água muitas vezes não conseguem eficazmente eliminar esse composto, o que levanta preocupações de saúde a longo prazo. Os líquidos iônicos (LIs) são solventes especiais compostos por íons e mantêm-se líquidos à temperatura ambiente, exibindo estabilidade térmica e química, baixa volatilidade e toxicidade reduzida. Essas características os tornam promissores na resolução de problemas relacionados a poluentes emergentes. A capacidade de dissolver tanto substâncias polares quanto apolares permite que eles efetivamente separem e removam uma variedade de poluentes, com a vantagem adicional de serem recicláveis. Ao serem aplicados em processos industriais e ambientais, esses solventes seletivos podem desempenhar um papel na mitigação dos impactos adversos dos poluentes emergentes. Apesar das vantagens dos líquidos iônicos em termos de eficiência de extração, eles enfrentam desafios devido à sua alta viscosidade quando usados isoladamente. Essa característica pode limitar sua aplicabilidade prática, tornando o manuseio e a incorporação desses líquidos mais difíceis. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi imobilizar um líquido iônico a base de fosfônio em sílica gel e avaliar seu desempenho na remoção de 2,4-DCP em fluxo contínuo. Inicialmente foi realizada a impregnação do líquido iônico baseado em fosfônio em sílica gel, por meio da mistura de 1,5 g do IL, 3,0 g de sílica gel e 50 ml de álcool etílico 98%. A suspensão foi mantida em agitação orbital por 2 horas a 1.500 rpm, para posterior evaporação do etanol. Após a evaporação do álcool, o líquido iônico permanece impregnado nos poros da sílica, resultando em uma matriz sólida adequado para a extração do 2,4 DCP. Para a avaliação da capacidade de extração em fluxo contínuo, o experimento empregou automação por meio de uma placa Arduino, um motor de passos e uma bomba de infusão, conforme ilustrado na Figura 1. O procedimento envolveu a preparação do efluente sintético contendo 1 g/L de 2,4 DCP, seguida pela configuração de uma bomba infusora para controlar a vazão em 4 ml/h. Uma coluna contendo 1,0 g (1,72 mL) de sílica com líquido iônico imobilizado foi então empacotada. Para garantir coletas em intervalos regulares, um motor de passos controlado pelo Arduino foi programado um passo a cada 2 horas, facilitando a coleta em tubos de ensaio posicionados no local equivalente a cada passo. Após a coleta, a análise do 2,4-DCP envolveu a reação do poluente presente em 4 ml de amostra, 100µL

de tampão de amônia pH 10, 100  $\mu\text{L}$  de persulfato de sódio e 100  $\mu\text{L}$  de 4-aminodipirina. Essa mistura foi analisada por espectrofotometria UV-Vis para quantificar a quantidade residual de 2,4 DCP na solução aquosa. O procedimento foi repetido até a saturação da coluna, ou seja, quando a concentração na saída (água tratada) fosse próxima a concentração na entrada (água bruta). Os melhores resultados alcançados demonstraram uma remoção média de 99,73% do contaminante. Essa eficiência superou os resultados obtidos por estudos em batelada pelo grupo de pesquisa, estabelecendo este método como uma abordagem mais eficaz na extração desse poluente e de demonstração da real capacidade do líquido iônico em remover o 2,4-DCP. Observou-se um carregamento de aproximadamente 2053 mg/g, com um tempo de ruptura da coluna de 170 horas. Para as condições de estudo, o tempo de contato em leito vazio foi estimado em 25,91 minutos. Os dados experimentais foram ajustados ao modelo matemático de Clark, apresentando  $R^2$  de 0,978, indicando que o comportamento de sistema se assemelha sob o ponto de vista hidrodinâmico ao de fluxo pistonado, o que é corroborado pelo valor obtido anteriormente para a zona de transferência de massa. O aspecto inovador deste estudo é o uso do método de remoção em fluxo contínuo assistido por Arduino, um sistema de automação de baixo custo. Nesse processo, a alimentação constante do líquido contaminado possibilita um tratamento eficaz e consistente ao longo do tempo, eliminando as interrupções necessárias para carregar ou descarregar volumes fixos de líquido. Isso é particularmente benéfico quando a demanda de tratamento é contínua ou quando a contaminação ocorre em níveis regulares e concentrados como as correntes de concentrado em sistemas de nanofiltração e/ou osmose reversa.



**Figura 1.** Arranjo experimental utilizado com destaque para os principais componentes.

**Palavras-chave:** Líquido iônico. Fenóis. Fluxo contínuo. Automação.