

TRATAMENTO DE EFLUENTE COSMÉTICO POR ELETROCOAGULAÇÃO: OTIMIZAÇÃO E SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

**ANA CAROLINA FERREIRA ANTONINI^{1,2*}, ALCIONE APARECIDA DE
ALMEIDA ALVES³, ALINE RAQUEL MULLER TONES^{2,4}**

1 Introdução

O crescimento da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos tem intensificado a geração de efluentes com elevada complexidade físico-química, contendo óleos, graxas, surfactantes, corantes, fragrâncias e outros compostos orgânicos e inorgânicos que podem causar impactos aos ecossistemas aquáticos e à saúde humana, tornando indispensável o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para seu tratamento (Lopes, 2026). Nesse contexto, a eletrocoagulação destaca-se como uma alternativa promissora por apresentar elevada eficiência na remoção desses contaminantes, além de reduzir o consumo de reagentes químicos e a geração de lodo em comparação aos processos convencionais de coagulação-floculação, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e para o atendimento à legislação vigente (Schneider, 2022).

Visando ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e ambientalmente sustentáveis para o tratamento de efluentes industriais, especialmente aqueles gerados pela indústria cosmética, o presente estudo propõe avaliar, a aplicação da eletrocoagulação utilizando o Reator Eletroquímico Cilíndrico de Fluxo Ascendente Contínuo (REC-FAC). A pesquisa busca entender quais variáveis independentes são significativas quanto à remoção de poluentes e seu potencial como alternativa para o tratamento desse tipo de efluente.

1 Discente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*, Bolsista, Contato: anacarolfantonini@gmail.com.

2 Grupo de Pesquisa: Grupo de Pesquisa em Recursos Energéticos e Tecnologias Limpas - RETEC

3 Docente, Universidade de Integração Latino Americana, UNILA.

4 Orientadora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*, Orientadora.

2 Objetivos

Avaliar a eficiência do Reator Eletroquímico Cilíndrico de Fluxo Ascendente Contínuo (REC-FAC) no tratamento de efluentes da indústria cosmética.

3 Metodologia

3.1 Efluente cosmético

O efluente cosmético analisado foi coletado de uma indústria localizada no Rio Grande do Sul, em um volume total de 150 L e é proveniente da limpeza de equipamentos usados na produção de sabonetes líquidos, perfumes, hidratantes e aromatizadores. As análises experimentais foram realizadas no laboratório de Águas da UFFS, Campus Cerro Largo (RS).

3.2 Planejamento experimental

Foram realizados pré-testes experimentais para os parâmetros de cor, turbidez e DQO, usando o planejamento fatorial fracionado 2^{4-1} apresentado abaixo nas Tabela 1 e Tabela 2 com os valores codificados e a matriz de ensaio com os valores reais respectivamente.

Tabela 1 - Valores codificados utilizados no Planejamento Fatorial Fracionado 2^{4-1}

Variáveis independentes	Código	-1	0	+1
TDH (min)	X ₁	12	24	36
i (A)	X ₂	1,5	2,5	3,5
pH	X ₃	4,0	7,0	10,0
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	X ₄	750	850	950

Notas: (j) densidade de corrente elétrica (TDH) tempo de detenção hidráulico; (pH) potencial Hidrogeniônico; (CE) condutividade elétrica.

Tabela 2 - Matriz de ensaios do Planejamento Fatorial Fracionado 2^{4-1}

Ensaio	Valores codificados				Valores reais			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	TDH (min)	I (A)	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
1	-1	-1	-1	-1	12	1,5	4,0	750
2	1	-1	-1	1	36	1,5	4,0	950
3	-1	1	-1	1	12	3,5	4,0	950
4	1	1	-1	-1	36	3,5	4,0	750
5	-1	-1	1	1	12	1,5	10	950
6	1	-1	1	-1	12	3,5	4,0	750
7	-1	1	1	-1	12	3,5	10	750
8	1	1	1	1	36	3,5	10	950
9	0	0	0	0	24	2,5	7,0	850
10	0	0	0	0	24	2,5	7,0	850
11	0	0	0	0	24	2,5	7,0	850

Notas: (X₁) tempo de detenção hidráulico; (X₂) densidade de corrente elétrica; (X₃) pH; (X₄) condutividade elétrica.

3.3 Módulo experimental

Os ensaios foram realizados em um reator eletroquímico cilíndrico de fluxo ascendente contínuo (REC-FAC), com volume útil de 5 L, confeccionado em aço inox revestido internamente com PVC e equipado com eletrodos de alumínio. Após o tratamento, foram analisadas cor, turbidez e DQO para avaliação da eficiência da eletrocoagulação.

3.4 Procedimento Experimental

Na parte interna do cilindro, foram colocados eletrodos feitos com chapa de alumínio moldados a mão e perfurados, com os seguintes diâmetros: 64 mm, 47 mm, 30 mm e no centro um eletrodo maciço, ambos com altura de 60 cm. O material utilizado foi o Alumínio e a espessura dos eletrodos foi de 0,5 mm. O efluente eletrocoagulado, foi coletado no decantador e encaminhado para análise físico química de cor, turbidez e DQO, para verificar a eficiência do tratamento.

3.5 Avaliação dos resultados

Os resultados foram comparados com a Resolução Conama nº 357 de 2005 e a Resolução Conama nº 430 de 2011, a fim de verificar se estavam dentro dos padrões permissíveis.

4 Resultados e Discussão

4.1 Caracterização físico-química do efluente

Para compreender as características do efluente cosmético e subsidiar a escolha do tratamento, foi realizada sua caracterização físico-química. Os resultados obtidos foram: DQO de 9160 mg L⁻¹ de O₂, turbidez de 8125 UNT, condutividade de 104,02 µS cm⁻¹, cor aparente de 131,00 u.C, ferro total de 100,5 mg L⁻¹, pH de 5,7, absorbâncias de 0,707 u.a (254 nm) e 3,531 u.a (350 nm), sólidos totais de 5650 mg L⁻¹ e DBO de 97,60 mg L⁻¹ de O₂.

A relação DBO/DQO foi inferior a 0,3, indicando baixa biodegradabilidade do efluente e reforçando a necessidade de tratamentos físico-químicos, como a eletrocoagulação (Rudaru et al., 2022; Moura, 2022).

4.2 Planejamento Fatorial Fracionado 2⁴⁻¹

Tabela 2 - Matriz de ensaios do Planejamento Fatorial Fracionado 2⁴⁻¹

Ensaios	Variáveis independentes				% de remoção das variáveis dependentes		
	TDH (min)	I (A)	pH	CE (μS cm ⁻¹)	Cor	turbidez	DQO
1	12	1,5	4,0	2.000	-9,92	-14,77	43,67
2	36	1,5	4,0	4.000	-12,21	-26,15	-19,65
3	12	3,5	4,0	4.000	-2,29	-28,61	6,55
4	36	3,5	4,0	2.000	3,82	40,92	34,93
5	12	1,5	10	4.000	-33,59	-71,69	-8,73
6	12	3,5	4,0	2.000	8,40	-47,38	-48,03
7	12	36	10	2.000	-29,01	-33,54	-14,19
8	36	3,5	10	4.000	0,00	16,92	10,92
9	24	2,5	7,0	3.000	-25,95	-32,00	-44,76
10	24	2,5	7,0	3.000	-23,66	-12,61	-54,58
11	24	2,5	7,0	3.000	-19,85	6,46	-36,03

Notas: (X₁) tempo de detenção hidráulico; (X₂) densidade de corrente elétrica; (X₃) pH; (X₄) condutividade elétrica.

Os resultados do planejamento fatorial demonstraram que a eficiência da eletrocoagulação variou significativamente. Entre os ensaios realizados, o ensaio 4 apresentou o melhor desempenho, alcançando remoções de 40,92% para turbidez, 34,93% para DQO e 3,82% para cor, enquanto o ensaio 1 obteve a maior remoção de DQO (43,67%). Em contrapartida, diversos experimentos apresentaram remoções negativas, indicando aumento das concentrações dos parâmetros após o tratamento, principalmente nos ensaios conduzidos em pH 10, o que evidencia que essa condição operacional não favoreceu o processo de eletrocoagulação.

Os melhores resultados ocorreram em pH 4, corrente de 3,5 A e TDH de 36 min. Em pH 10 observou-se aumento da cor, turbidez e DQO, indicando instabilidade dos flocos e menor eficiência do processo (Schneider, 2022; Módenes, 2017). Sob a perspectiva regulatória das Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, os resultados apontam a obrigatoriedade de etapas complementares de adequação.

5 Conclusão

Na avaliação do Reator Eletroquímico Cilíndrico de Fluxo Ascendente Contínuo (REC-FAC), os testes experimentais demonstraram que a eficiência da eletrocoagulação depende diretamente da combinação entre pH, corrente elétrica, tempo de detenção hidráulica (TDH) e condutividade. O melhor desempenho global do sistema foi obtido no Ensaio 4 que alcançou a remoção simultânea de 40,92 % de turbidez, 3,82% de cor e 34,93% de DQO. Conclui-se que o reator REC-FAC apresenta potencial promissor para o tratamento de efluentes da indústria de cosméticos, desde que operado em meio ácido e com tempos de retenção adequados.

Referências Bibliográficas

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.**

LOPES, Ana Beatriz Ferreira. **Poluentes emergentes da indústria de cosméticos: ênfase para microplásticos.** Orientador: André Henrique Rosa. Coorientadora: Claudia Hitomi Watanabe Rezende. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2026.

MÓDENES, Aparecido Nivaldo; ESPINOZA-QUÍÑONES, Fernando Rodolfo; YASSUE, Patricia Hissae; PORTO, Thaís Mendes; THEODORO, Paulo Sérgio. **Aplicação da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes de abatedouro de aves.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 571-578, 2017. DOI: 10.1590/S1413-4152201775999.

MOURA, B. P. S. **Análise de parâmetros físico-químicos e índice de biodegradabilidade na caracterização de efluentes industriais.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022.

RUDARU, A. et al. **Correlation analysis between BODs and COD in wastewater characterization and treatment selection.** *Journal of Environmental Management*, v. 310, p. 114750, 2022.

SCHNEIDER, Jaíne. **Avaliação da eletrocoagulação e otimização de processo microbiológico de tratamento de efluente de uma indústria de cosméticos.** 2022. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2022.

Palavras-chave: Reator eletroquímico; Planejamento Fatorial; Sustentabilidade ambiental.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0101

Financiamento

