

**GESTÃO DE EFLUENTES DE CURTUMES NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS**

Éverton Hansen – everton-hansen@fepam.rs.gov.br, Universidade Feevale, Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental e Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), ERS-239, 2755 93525-075 – Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul

Patrice Monteiro de Aquim – patrice@feevale.br, Universidade Feevale, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais, ERS-239, 2755 93525-075 – Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul

Victoria Dubois Moreira Ramos – victoriaramos222003@gmail.com, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Avenida Borges de Medeiros, 261 90020-021, Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Rodrigo Sanchotene Quintela – rodrigo-quintela@fepam.rs.gov.br, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Avenida Borges de Medeiros, 261 90020-021, Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Marco Antônio Siqueira Rodrigues – marcor@feevale.br, Universidade Feevale, Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental, ERS-239, 2755 93525-075 – Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul

Resumo: A indústria do couro possui grande relevância econômica no Brasil, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, onde há elevada concentração dessa atividade na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS). O processamento do couro utiliza grandes volumes de água e diversos produtos químicos, gerando efluentes complexos com elevadas concentrações de matéria orgânica, nutrientes, sólidos e metais, que podem contribuir para a degradação da qualidade dos corpos hídricos. Este estudo teve como objetivo avaliar as práticas atuais de tratamento de efluentes líquidos de curtumes na BHRS e analisar sua contribuição para a carga poluidora da bacia. Foram identificados 25 curtumes em operação na BHRS, dos quais 18 realizam o lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos superficiais. Para essas unidades, foram analisados dados referentes ao ano de 2024 disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), incluindo tecnologias de tratamento utilizadas, vazões lançadas, concentrações de poluentes e número de ultrapassagens dos padrões legais. Os resultados indicam que os sistemas de tratamento apresentam elevada eficiência na remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e cromo, com eficiências próximas ou superiores a 95%. Entretanto, observou-se baixa adoção de processos voltados à remoção de nutrientes e desinfecção, presentes em apenas 18% e 5% das estações de tratamento de efluentes, respectivamente, o que contribui para recorrentes ultrapassagens de nitrogênio total e coliformes. As cargas poluidoras estimadas indicam que os curtumes contribuem, juntamente com

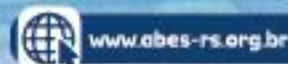
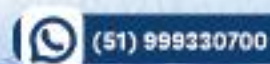
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



outras fontes antropogênicas, para a degradação da qualidade da água na bacia. Os resultados reforçam a necessidade de adoção de tecnologias complementares de tratamento, especialmente voltadas à remoção de nutrientes e ao polimento final do efluente.

Palavras-chave: Curtumes; Efluentes industriais; Tratamento de efluentes; Carga poluidora; Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

MANAGEMENT OF TANNERY WASTEWATER IN THE SINOS RIVER WATERSHED

Abstract: The tannery industry plays an important economic role in Brazil, particularly in the state of Rio Grande do Sul, where a high concentration of these industries occurs in the Sinos River Watershed (SRW). Leather processing requires large volumes of water and a wide range of chemicals, generating complex wastewater with high concentrations of organic matter, nutrients, solids, and metals, which may contribute to the degradation of water quality in receiving bodies. This study aimed to evaluate the current wastewater treatment practices adopted by tanneries in the SRW and to analyze their contribution to the pollution load in the watershed. A total of 25 operating tanneries were identified, of which 18 discharge treated effluents into surface water bodies. For these facilities, data for the year 2024 provided by the State Environmental Protection Foundation (FEPAM) were analyzed, including treatment technologies employed, discharge flow rates, pollutant concentrations, and the number of exceedances of legal standards. The results indicate that the treatment systems show high efficiency in removing organic matter, suspended solids, and chromium, with removal efficiencies close to or above 95%. However, a low adoption of nutrient removal and disinfection processes was observed, present in only 18% and 5% of the wastewater treatment plants, respectively, which contributes to recurring exceedances of total nitrogen and coliform standards. The estimated pollution loads indicate that tannery activities, together with other anthropogenic sources, contribute to the degradation of water quality in the watershed. These findings highlight the need to implement complementary treatment technologies, particularly for nutrient removal and final effluent polishing.

Keywords: Tanneries; Industrial wastewater; Wastewater treatment; Pollution load; Sinos River Watershed.

1. INTRODUÇÃO

A indústria do couro e seus produtos desempenham um papel relevante na economia mundial, com um valor comercial global de aproximadamente 80 bilhões de dólares por ano (Sivaram; Barik, 2019). Esta indústria é especialmente importante na economia de países em desenvolvimento (Bharagava; Mishra, 2018) como Brasil, China e Índia, sendo que o Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo (Embrapa, 2023). De acordo com o Centro das Indústrias de Curtume do Brasil (CICB, 2024a), o setor de curtume brasileiro conta com 244 plantas curtidoras e 2.800 indústrias de componentes para couro e calçados, empregando mais de 30.000 funcionários e sendo

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

responsável pela movimentação de 2 bilhões de dólares por ano. O estado do Rio Grande do Sul se destaca como o maior exportador de couro do país, representando 26,6% das exportações brasileiras (CICB, 2024b), e possuindo o maior número de unidades produtivas (CICB, 2024c). A produção de couros e fabricação de artefatos de couros e calçados é um dos segmentos mais tradicionais na indústria gaúcha, o qual se desenvolveu historicamente na região do Vale dos Sinos e entorno da Região Metropolitana de Porto Alegre (Rio Grande do Sul, 2020), com uma alta concentração de curtumes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Nesse contexto, ao mesmo tempo em que a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos tornou-se um importante centro industrial, particularmente conhecido pela produção de couro e calçados, ela também passou a enfrentar desafios ambientais característicos do rápido crescimento econômico. Estes incluem a superexploração dos recursos hídricos, o uso desordenado do solo, a infraestrutura de saneamento básico insuficiente e uma alta concentração de atividades industriais com considerável potencial poluidor (Kieling-Rubio *et al.*, 2015). Como resultado, o Rio dos Sinos foi classificado como um dos dez rios mais poluídos do Brasil (Popp, 2021).

O processamento do couro consiste em uma sequência de operações físico-químicas e mecânicas aplicadas à pele animal, utilizando água e produtos químicos orgânicos e inorgânicos. Entre os produtos químicos utilizados estão os taninos vegetais e sintéticos, resinas recorrentes, sais de cromo, óleos naturais e sintéticos, surfactantes, corantes, auxiliares químicos, ácidos e bases (Ayoub; Hamzeh; Al-Hindi, 2013; Ortiz-Monsalve *et al.*, 2019; Piccin *et al.*, 2016). Esses produtos químicos são aplicados em meio aquoso, em fulões, exigindo de 12 a 37 m³ de água por tonelada de couro processado (IUE 6, 2018), dos quais cerca de 90% geram efluente líquido que deve ser tratado para descarte (Chowdhury *et al.*, 2013).

Os produtos químicos utilizados para a obtenção do couro não são totalmente absorvidos pelo material durante o processamento e, portanto, são parcialmente descartados nos efluentes líquidos brutos do curtume (Aquim, 2009; Bharagava *et al.*, 2018; Moreira *et al.*, 2019). Produtos químicos como corantes, óleos e taninos, dificultam o tratamento do efluente. A presença de corantes (como corantes azoicos e complexos metálicos) inibe o crescimento da vida aquática (Mella *et al.*, 2017), além de conferir citotoxicidade aguda e crônica ao efluente (Hansen *et al.*, 2020). A presença de óleos interfere na eficiência da transferência de oxigênio no processo de tratamento aeróbio (Kalyanaraman *et al.*, 2013) e atribui citotoxicidade ao efluente (Hansen *et al.*, 2020). Já os taninos naturais e sintéticos podem causar condições inibitórias para a biomassa em tratamentos biológicos (Agustini *et al.*, 2018; Munz *et al.*, 2009). Esses compostos contribuem para a obtenção de um efluente pouco biodegradável, com elevadas cargas de sólidos dissolvidos e suspensos, nitrogênio total e amoniacal, demanda química de oxigênio e cromo (Hansen *et al.*, 2021a; Hansen *et al.*, 2021b).

A literatura indica que o tratamento convencionalmente empregado para os efluentes de curtume consiste na aplicação das operações de equalização e neutralização, tratamento físico-químico através de coagulação e floculação seguidos de sedimentação, e tratamento biológico (Hansen *et al.*, 2021a; Hasegawa; Barbosa; Takashima, 2011; Körbahti *et al.*, 2011; Kozik *et al.*, 2019; Pal *et al.*, 2020; Piccin *et al.*, 2012; Tamersit; Bouhidel; Tran *et al.*, 2020). No entanto, a geração de lodo e as baixas eficiências para a remoção de sais e compostos recalcitrantes (como corantes, taninos e óleos)

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

são apontados como vulnerabilidades deste tratamento (De La Luz-Pedro *et al.*, 2019; Kozik *et al.*, 2019; Moreira *et al.*, 2019; Pal *et al.*, 2020; Pena *et al.*, 2020; Suthanthararajan *et al.*, 2004; Tamersit; Bouhidel). Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar as práticas atuais de tratamento dos efluentes líquidos de curtumes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e os impactos do lançamento de efluentes deste setor na bacia.

3.1) METODOLOGIA

3.1.1) Levantamento dos Curtumes em Operação na Bacia do Rio dos Sinos

Os curtumes localizados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS) foram identificados utilizando dados fornecidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). O levantamento incluiu três categorias de instalações: (i) curtumes integrados, que processam peles verdes ou salgadas em todas as etapas até a produção de couro acabado; (ii) curtumes de ribeira, que processam peles verdes ou salgadas até a obtenção do couro wet-blue, comercializado como commodity; e (iii) curtumes de pós-curtimento, que convertem couro wet-blue em couro acabado por meio de tratamentos diversos, conforme as propriedades exigidas para os produtos finais.

No total, foram identificadas 25 instalações na BHRS: 18 descartavam os efluentes tratados em corpos hídricos superficiais, 4 reutilizavam integralmente seus efluentes, 2 aplicavam efluentes em áreas agrícolas e 1 enviava efluente bruto para tratamento externo.

3.1.2) Coleta de Dados dos Curtumes com Lançamento de Efluentes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

Para os 18 curtumes que descartam efluentes tratados na bacia (Figura 1), foram obtidos os seguintes dados no banco de informações da FEPAM, referentes ao ano de 2024: (i) tecnologias de tratamento empregadas em cada Estação de Tratamento de Efluentes (ETE); (ii) número de parâmetros de qualidade do efluente que excederam padrões ambientais (legislação); (iii) vazões descarregadas na bacia; e (iv) concentrações de cromo total, DQO, DBO, nitrogênio amoniacal (NH_3), óleos e graxas (O&G), fósforo (P), coliformes totais, nitrogênio total (N-total), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos sedimentáveis (Ssed), tanto no efluente bruto quanto no tratado.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

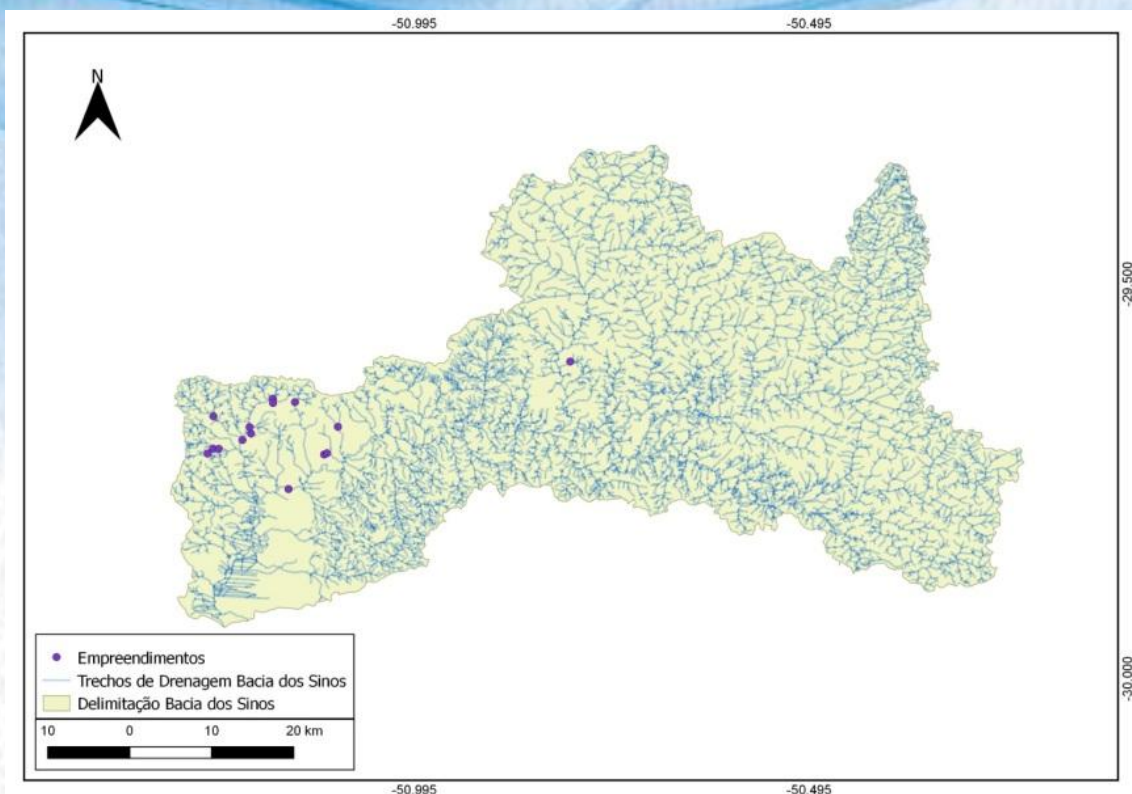


Figura 1. Curtumes com lançamento de efluentes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

As cargas poluidoras foram calculadas utilizando as vazões medidas e as concentrações dos poluentes (Equação 1), e as eficiências de tratamento foram determinadas com base nas concentrações de efluente bruto e tratado (Equação 2):

$$PL = C * Q * 0.365 \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} * 100 \quad (2)$$

Onde PL é a carga poluidora (kg/ano), C é a concentração do poluente (mg/L), Q é a vazão (m³/dia), 0,365 é o fator de conversão, ε é a eficiência de remoção (%), C_i é a concentração no efluente bruto (mg/L) e C_f no efluente tratado (mg/L).

3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1) Panorama das Tecnologias de Tratamento de Efluentes de Curtumes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

As tecnologias empregadas nas ETEs dos curtumes são apresentadas na Tabela 1. No tratamento preliminar, 95% das ETEs utilizam tanques de equalização, enquanto 68% empregam peneiramento para remoção de sólidos, especialmente fibras. No tratamento primário, 82% aplicam coagulação e floculação, usualmente envolvendo coagulantes ou floculantes inorgânicos convencionais, processo destinado principalmente à remoção de cromo, além de DQO, SST e cor (Zhao *et al.*, 2022). No tratamento secundário, reatores biológicos aeróbios predominam, sendo utilizados por 59% das ETEs para remoção de matéria orgânica biodegradável. Apenas 18% dessas unidades incluem etapas de remoção de nitrogênio, contaminante presente em altas concentrações nos efluentes de curtumes e cuja descarga excessiva provoca eutrofização e danos à biota aquática (Hashem *et al.*, 2024). No tratamento terciário, a coagulação e floculação continuam frequentes (36% das ETEs). Outros métodos avançados incluem adsorção com aparas de couro, carvão ativado e ozonização.

Tabela 1. Tecnologias de tratamento utilizadas nas ETEs.

Tecnologia	% ETEs com a tecnologia
Tratamento preliminar	
Equalização	95,45%
Peneiramento	68,18%
Gradeamento	31,82%
Tratamento Primário	
Coagulação, Floculação e decantação	81,82%
Decantação	4,55%
Tratamento Secundário	
Reator biológico aeróbio e decantador secundário	59,09%
Reator biológico aeróbio, desnitrificação e decantador secundário	18,18%
Biofiltro	4,55%
Ozonização (pré-tratamento biológico)	4,55%
Lagoa de estabilização	4,55%
Tratamento Terciário	
Coagulação/floculação	36,36%
Adsorção	9,09%
Ozonização	4,55%

Os parâmetros que excederam os padrões ambientais em 2024 são: coliformes totais (10 ultrapassagens), N-total (7 ultrapassagens), cromo (3 ultrapassagens), DQO, DBO, O&G e SST (2 ultrapassagens, cada), NH₃ e Ssed (1 ultrapassagem, cada). Observa-se que, embora a mistura de efluentes industriais e sanitários seja comum para aumentar a biodegradabilidade, a desinfecção terciária é aplicada em apenas 5% das ETEs, o que possivelmente explica o elevado número de

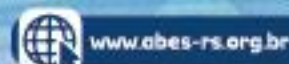
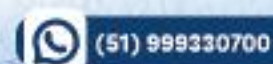
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



ultrapassagens do parâmetro de coliformes termotolerantes. Apenas 18% das ETEs incluem remoção de nitrogênio, o que também explica as recorrentes ultrapassagens de nitrogênio total.

3.2) Eficiência das Estações de Tratamento de Efluentes

A eficiência do tratamento dos principais poluentes observada nas ETEs de curtumes é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Eficiência das ETEs para os parâmetros avaliados.

Parâmetro	Eficiência do tratamento
DQO	96,9 ± 2,4 %
DBO	96,8 ± 3,1 %
O&G	83,0 ± 23,1 %
Cromo total	95,9 ± 12,8 %
SST	96,2 ± 3,6 %
Ssed	89,8 ± 28,4 %
Coliformes totais	87,5 ± 27,8 %
NH ₃	88,9 ± 9,6 %
Fósforo	83,1 ± 25,1 %

As remoções de DQO e DBO atingiram aproximadamente 97%, em média, superiores às eficiências médias de remoção de DQO de 67,8 a 80,7% relatadas para o tratamento de efluentes de curtumes (Hansen *et al.*, 2021a). Isso sugere boa biodegradabilidade dos efluentes industriais e sanitários em conjunto e um desempenho eficaz da etapa de tratamento biológico nas ETEs avaliadas.

Também foi observada remoção eficiente de cromo (95,9%, em média), com patamares de remoção equivalentes aos reportados em processos de tratamento avançados, como nanofiltração e osmose reversa, que podem atingir 100% de remoção (Das *et al.*, 2010), e adsorção em zeólita, que apresentou 97,6% de remoção (Aljerf, 2018). Embora as ETEs analisadas não empreguem amplamente essas tecnologias avançadas, a alta remoção provavelmente reflete etapas eficientes de coagulação-floculação e sedimentação comumente utilizadas no tratamento de efluentes de curtumes. As remoções de SST e Ssed também foram elevadas (96,2% e 89,8%, em média, respectivamente), consistentes com os valores relatados para processos de coagulação otimizados (por exemplo, 96,9% de SST usando K₂FeO₄; Kozik *et al.*, 2019). No entanto, as eficiências permanecem ligeiramente abaixo daquelas alcançadas por técnicas avançadas, como fotocatalise (99,3%, Hasegawa *et al.*, 2014) ou osmose reversa (99%, Das *et al.*, 2010), indicando oportunidades de melhoria com etapas de polimento avançadas.

A remoção de nitrogênio amoniacal apresentou uma eficiência média de 89% (em média), inferior às remoções quase completas relatadas para sistemas de microalgas (100%, Pena *et al.*, 2020) e tratamento híbrido fotoeletroquímico combinado com eletrodialise (99,9%, Rodrigues *et*

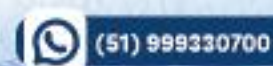
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



al., 2008). Esse resultado reflete a adoção limitada de tecnologias de remoção de nitrogênio nas ETEs de curtumes (apenas 18%), sugerindo que os processos biológicos existentes são insuficientes para a remoção completa de nutrientes.

A remoção de fósforo apresentou uma eficiência média de 83%, o que é moderado em comparação com a remoção de 97,6% alcançada com sistemas de microalgas (Pena *et al.*, 2020). Essa diferença provavelmente reflete a ausência de precipitação química direcionada ou estágios de remoção biológica de fósforo na maioria das ETEs avaliadas.

De modo geral, o desempenho das ETEs de curtumes na Bacia do Rio Sinos é robusto para a remoção de matéria orgânica, sólidos e cromo, mas permanece limitado no controle de nutrientes. A integração de tecnologias de tratamento avançadas ou complementares poderia aprimorar substancialmente a remoção de nitrogênio e fósforo, contribuindo para uma melhor conformidade e redução dos impactos ambientais.

3.3) Cargas Poluidoras dos Curtumes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

A Figura 2 apresenta as cargas poluidoras de cromo, DQO, DBO, O&G, cromo total, SST, Ssed, N-NH₃ e fósforo.

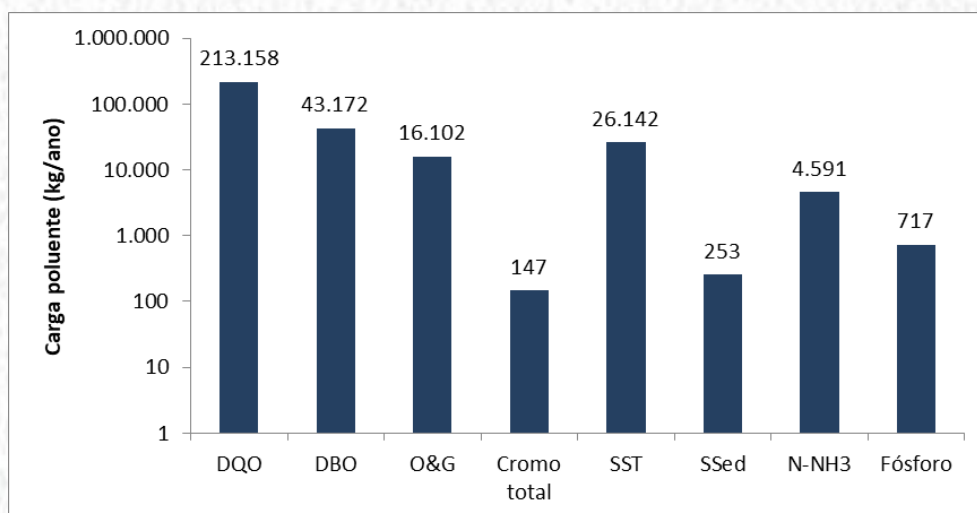


Figura 2. Cargas poluidoras de DQO, DBO, O&G, cromo total, SST, Ssed, N-NH₃ e fósforo.

As análises das águas superficiais na BHRS indicam que aproximadamente 50% das medições de cromo total nos Arroios Portão e Luiz Rau (áreas com maior concentração de curtumes) excedem os limites estabelecidos para águas superficiais destinadas ao consumo humano após tratamento completo (Classe 2) (FEPAM, 2006). Dados de monitoramento também indicam que os níveis de contaminação microbiológica e físico-química aumentam ao longo do Rio dos Sinos,

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

principalmente devido à ausência de tratamento de esgoto doméstico em áreas urbanizadas e ao lançamento de cargas poluentes industriais relevantes (Rizzana *et al.*, 2018). Com base nas cargas poluentes liberadas pelos curtumes (Figura 2), fica evidente que essa atividade contribui, em alguma medida, para os níveis de poluição da bacia. A presença de cromo e outros contaminantes também pode estar associada a diferentes atividades industriais presentes na região, como a galvanoplastia.

4) CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo constatou que apenas 5% das estações de tratamento de efluentes (ETEs) de curtumes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos realizam desinfecção e somente 18% incorporam remoção de nitrogênio, embora esses parâmetros estejam entre os que mais excedem os limites legais. As cargas poluentes lançadas indicam que as atividades de curtumes, associadas a outras fontes antropogênicas, contribuem para a degradação da qualidade da água superficial na bacia. Nesse contexto, recomenda-se a adoção de tecnologias complementares aos processos biológicos convencionais, aplicadas como pré-tratamento, etapas integradas para remoção de nutrientes e contaminantes específicos ou como processos de polimento final. Considerando a relevância do setor na bacia, com 25 curtumes em operação, a implementação de estratégias avançadas de tratamento é fundamental para reduzir os impactos ambientais.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Capes, FAPERGS e CNPq para a realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGUSTINI, C. B. *et al.* Biogas production for anaerobic co-digestion of tannery solid wastes under presence and absence of the tanning agent. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 130, p. 51–59, mar. 2018.
- ALJERF, L., 2018. High-efficiency extraction of bromocresol purple dye and heavy metals as chromium from industrial effluent by adsorption onto a modified surface of zeolite: Kinetics and equilibrium study. *J. Environ. Manage.* 225, 120–132. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.048>
- AQUIM, P. M. *Gestão em Curtumes: Uso Integrado e Eficiente da Água*. 2009. 159 f. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- AYOUB, G. M.; HAMZEH, A.; AL-HINDI, M. The Impact of Process Sequences on Pollutant Removal Efficiencies in Tannery Wastewater Treatment. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 224, n. 1, jan. 2013.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

BHARAGAVA, R. N. *et al.* Characterization and Identification of Recalcitrant Organic Pollutants (ROPs) in Tannery Wastewater and Its Phytotoxicity Evaluation for Environmental Safety. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 75, n. 2, p. 259–272, ago. 2018.

BHARAGAVA, R. N.; MISHRA, S. Hexavalent chromium reduction potential of *Cellulosimicrobium* sp. isolated from common effluent treatment plant of tannery industries. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 147, p. 102–109, jan. 2018.

CHOWDHURY, M. *et al.* Treatment of leather industrial effluents by filtration and coagulation processes. *Water Resources and Industry*, v. 3, p. 11–22, set. 2013.

CICB - CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL. Estudo do Setor de Curtumes no Brasil. 2024c. Disponível em: <https://cicb.org.br/storage/files/repositories/phpep3kOr-finalcicb-digital-1.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.

CICB - CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL. Exportações brasileiras de couros e peles. 2024b. Disponível em: <https://cicb.org.br/storage/files/repositories/phpLZDCjF-exportacoes-couros-e-peles-dez23-vr-1.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2025.

CICB - CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL. *O Couro e o Curtume Brasileiro*. Disponível em: <<http://www.cicb.org.br/cicb/sobre-couro>>. 2024a.

DAS, C., DasGupta, S., De, S., 2010. Treatment of dyeing effluent from tannery using membrane separation processes. *Int. J. Environ. Waste Manag.* 5, 354.
<https://doi.org/10.1504/IJEW.2010.032013>

DE LA LUZ-PEDRO, A. *et al.* Pollutant Removal from Wastewater at Different Stages of the Tanning Process by Electrocoagulation. *Journal of Chemistry*, v. 2019, p. 1–9, 2 jan. 2019.

EMBRAPA. Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina – 2023 / Guilherme Cunha Malafaia, Paulo Henrique Nogueira Biscola. - Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2023.

FEPAM. (2006), Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

HANSEN, É. *et al.* Impact of post-tanning chemicals on the pollution load of tannery wastewater. *Journal of Environmental Management*, v. 269, p. 110787, set. 2020.

HANSEN, É.; DE AQUIM, P. M.; GUTTERRES, M. Environmental assessment of water, chemicals and effluents in leather post-tanning process: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 89, p. 10, 2021b.

Hansen, É.; De Aquim, P.; Gutterres, M. Current technologies for post-tanning wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, v. 294, p. 113003, set. 2021.

HANSEN, É.; DE AQUIM, P.; GUTTERRES, M. Current technologies for post-tanning wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, v. 294, p. 113003, set. 2021a.

HASEGAWA, C.; BARBOSA, A.; TAKASHIMA, K. Biotreatment of industrial tannery wastewater using *Botryosphaeria rhodina*. *Journal of the Serbian Chemical Society*, v. 76, n. 3, p. 439–446, 2011.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

HASEGAWA, M.C., Daniel, J.F. de S., Takashima, K., Batista, G.A., da Silva, S.M.C.P., 2014. COD removal and toxicity decrease from tannery wastewater by zinc oxide-assisted photocatalysis: a case study. *Environ. Technol.* 35, 1589–1595. <https://doi.org/10.1080/09593330.2013.874499>

HASHEM, M.A.; Islam, S.; Mimi, A.A.; Enan, E.T.; Miem, M.M.; Rahman, M.T.; Zahin, M.E.H. Solid dicarboxylic acid assisted deliming in beamhouse to reduce nitrogen compounds in tannery wastewater. *Journal of Cleaner Production*, Volume 448, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141440>

IUE 6. *Pollution Values from Tannery Processes under Conditions of Good Practice*, 2018.

KALYANARAMAN, C. *et al.* Studies on biodegradation of vegetable-based fat liquor-containing wastewater from tanneries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 15, n. 4, p. 633–642, ago. 2013.

KIELING-RUBIIO M.A., BENVENUTI T., COSTA G.M., RODRIGUES M.A.S., PETRY C.T., SCHMITT J.L., DROSTE A. (2015), Integrated environmental assessment of streams in the Sinos river basin in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Braz. J. Biol.* 75, 105-113.

KÖRBAHTI, B. K. *et al.* Electrochemical decolorization of textile dyes and removal of metal ions from textile dye and metal ion binary mixtures. *Chemical Engineering Journal*, v. 173, n. 3, p. 677–688, out. 2011.

KOZIK, V. *et al.* Taguchi Method and Response Surface Methodology in the Treatment of Highly Contaminated Tannery Wastewater Using Commercial Potassium Ferrate. *Materials*, v. 12, n. 22, p. 3784, 18 nov. 2019.

MELLA, B. *et al.* Utilization of tannery solid waste as an alternative biosorbent for acid dyes in wastewater treatment. *Journal of Molecular Liquids*, v. 242, p. 137–145, set. 2017.

MOREIRA, M. *et al.* Evaluation of Chemical Products in Leather Post-tanning Process and Their Influence in Presence of Neutral Salts in Raw Tannery Effluent. v. 114(4), p. 108–117, 2019.

MUNZ, G. *et al.* The role of tannins in conventional and membrane treatment of tannery wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, v. 164, n. 2–3, p. 733–739, 30 maio 2009.

ORTIZ-MONSALVE, S. *et al.* Biodecolourization and biodegradation of dye-containing wastewaters from leather dyeing by the native fungal strain *Trametes villosa* SCS-10. *Biochemical Engineering Journal*, v. 141, p. 19–28, jan. 2019.

PAL, M. *et al.* Recycling of wastewater from tannery industry through membrane-integrated hybrid treatment using a novel graphene oxide nanocomposite. *Journal of Water Process Engineering*, v. 36, p. 101324, ago. 2020.

PENA, A. C. C. *et al.* Influence of period light on cultivation of microalgae consortium for the treatment of tannery wastewaters from leather finishing stage. *Journal of Cleaner Production*, v. 263, p. 121618, ago. 2020.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

PICCIN, J.S. *et al.* Kinetics and isotherms of leather dye adsorption by tannery solid waste. *Chemical Engineering Journal*, v. 183, p. 30–38, fev. 2012.

PICCIN, JEFERSON S. *et al.* Color removal from real leather dyeing effluent using tannery waste as an adsorbent. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 1, p. 1061–1067, mar. 2016.

POPP M.S. (2021), O rio dos sinos e os curtumes: o movimento ambientalista e o debate público sobre a poluição industrial da bacia hidrográfica do rio dos sinos (1980-1990). *Unilasalle*, 1-68.

RIO GRANDE DO SUL. ATLAS RIO GRANDE DO SUL. Preparação de Couros e Fabricação de Artefatos de Couros e Calçados. 2020. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/preparacao-e-fabricacao-de-couros-e-calcados>. Acesso em: 21 jan. 2021.

RIZZANA D.U., Oliveira C.R., Quevedo A.M., Rodrigues M.A.S. (2018), Qualidade da água do Rio dos Sinos. Saneamento ambiental e reúso de água: técnicas avançadas de tratamento, 19-60.

RODRIGUES M.A.S., Amado F.D.R., Xavier J.L.N., Streit K.F., Bernardes A.M., Ferreira J.Z. (2008), Application of photoelectrochemical–electrodialysis treatment for the recovery and reuse of water from tannery effluents. *J. Clean. Prod.* 16, 605-611.

SIVARAM, N. M.; BARIK, D. Toxic Waste from Leather Industries. *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation*. Woodhead Publishing, 2019. p. 55–57.

SUTHANTHARARAJAN, R. *et al.* Membrane application for recovery and reuse of water from treated tannery wastewater. *Desalination*, v. 164, n. 2, p. 151–156, abr. 2004.

TAMERSIT, S.; BOUHIDEL, K.-E.; ZIDANI, Z. Investigation of electrodialysis anti-fouling configuration for desalting and treating tannery unhairing wastewater: Feasibility of by-products recovery and water recycling. *Journal of Environmental Management*, v. 207, p. 334–340, fev. 2018.

TRAN, T. *et al.* Study on optimal conditions of poly ferric chloride (PFC) dosage treating tannery wastewater. *Materials Today: Proceedings*, p. S2214785320370309, dez. 2020.

ZHAO, J. Wu, Q., Tang, Y. *et al.* (2022), Tannery wastewater treatment: conventional and promising processes, an updated 20-year review. *J Leather Sci Eng*, 4(10), 1-22

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br