

AVALIAÇÃO TOXICIDADE DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE LEITE ATRAVÉS DE BIOINDICADOR VEGETAL

JULIA KAIANE PRATES DA SILVA¹; ALESSANDRA LAZUTA²; DANIELE MARTIN SAMPAIO³; CAROLINE MENEZES PINHEIRO⁴; AMANDA PERES LEITE⁵; MAURIZIO SILVEIRA QUADRO⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – juliakaiane.prates@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – alessandra.lazuta@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – dmartinsampaio@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – carolsmnz3@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – amanda.peresl@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – mausq@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental tem sido identificada como uma das principais questões a serem enfrentadas, com destaque para a crescente contaminação dos recursos hídricos, que se intensifica devido aos processos de industrialização e ao aumento da população mundial (SILVA et al., 2018). A disposição inadequada de efluentes representa uma ameaça à sustentabilidade, uma vez que afeta diretamente recursos naturais essenciais para nossa sobrevivência (BORGES et al., 2019).

De acordo com o BRASIL (2023), atualmente o Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial em produção de leite. Neste contexto, vale salientar que a indústria de laticínios se destaca pelo alto consumo de água em seus processos produtivos, consequentemente gerando grande volume de efluentes (OLIVEIRA, 2019). De acordo com SEGANFREDO (2022), uma indústria que processa em média 40.000 litros de leite por mês, gera em torno de 8.500 litros de efluentes, o que equivale a 21% de sua produção total.

Comumente, a indústria de laticínios emprega para o tratamento de efluentes tecnologias como os processos biológicos e físico-químicos, para remover resíduos orgânicos e inorgânicos, devido seu custo-benefício e a capacidade de aplicação em larga escala (NADAL et al., 2018; CARVALHO, 2015). No entanto, esses processos demonstram eficiência limitada na degradação de compostos recalcitrantes. Por isso, torna-se necessário avaliar o potencial tóxico dessas substâncias.

Os ensaios de fitotoxicidade permitem avaliar o potencial tóxico de substâncias por meio da observação da germinação e do desenvolvimento das raízes de espécies vegetais. Bioindicadores, como *Lactuca sativa* (alface), são amplamente adotadas devido à sua simplicidade, custo acessível e alta sensibilidade a compostos tóxicos (ARAÚJO; EL-DEIR; TAVARES, 2021). Portanto, a utilização desses ensaios pode ser fundamental para avaliar a eficácia dos processos de tratamento de efluentes na indústria de laticínios, especialmente no contexto de compostos recalcitrantes que podem persistir após o tratamento convencional.

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a toxicidade dos efluentes bruto e tratado da indústria de beneficiamento de leite através de bioindicador vegetal.

2. METODOLOGIA

O efluente utilizado no experimento foi obtido da seguinte forma: inicialmente, realizou-se a coleta de amostras, antes e após o tratamento biológico empregado em uma indústria de beneficiamento de leite localizada na região sul do país. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Águas e Efluentes, localizado no Centro de Engenharias – UFPEL, onde foram armazenadas adequadamente para a realização das análises de pH e fitotoxicidade. A verificação do parâmetro pH, foi realizada de acordo com a metodologia apresentada no Manual de Análise de Águas e Efluentes (QUADRO et al., 2016).

Para análise de fitotoxicidade, utilizou-se como bioindicador as sementes *L. sativa* (alface) e as amostras coletadas antes e depois do tratamento utilizado pela indústria. O método de análise aplicado seguiu de acordo com os procedimentos descritos por BRASIL (2009). De acordo com a metodologia, foram adicionados 4 mL de efluente em quadriplicata sobre papel germiteste, em placas de Petri contendo 20 sementes de alface comerciais, isentas de agrotóxicos, tratamento ou peletização. As placas foram vedadas com plástico filme, a fim de favorecer as trocas gasosas e evitar a perda de umidade. Logo após as placas foram levadas a incubadora a 20°C durante 7 dias com fotoperíodo de 12 horas. O número de sementes germinadas foi verificado e o comprimento radicular determinado com o auxílio do *software Image J*. Ambos os valores entraram no cálculo do Índice de Germinação (IG) proposto por ZUCCONI et al. (1981):

$$IG = G \frac{Lm}{Lc}$$

Onde:

G: é o número de sementes germinadas em placas dividido pelo número de sementes germinadas no controle;

Lm: é o comprimento média da raiz em placas com amostra (mm)

Lc: comprimento médio da raiz em placas de controle (mm)

A classificação que determina o grau de toxicidade presente na amostra pode ser feita através do Índice de Germinação, seguindo a metodologia de BELO (2011), cujas classificações correspondentes estão detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação a partir do Índice de Germinação (IG)

Índice de Germinação (IG)	Classificação
<30	Muito fitotóxico
30-60	Fitotóxico
60-80	Moderadamente fitotóxico
80-100	Não fitotóxico
>100	Potencializa a germinação

Fonte: Belo, 2011.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de avaliar a fitotoxicidade dos efluentes gerados na indústria de laticínios, foram conduzidas análises com bioindicadores nas amostras tanto antes quanto após o processo de tratamento empregado pela empresa. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros avaliados para o bioindicador *L. sativa*

ID	Sementes Germinadas	Comprimento Radicular (cm)	Germinação relativa	Alongamento das raízes	Índice de germinação (%)
Controle	13	1,764	13	1,764	100
Entrada	13	1,947	1,02	1,104	113
Saída	14	2,181	1,08	1,237	134

O pH registrou valores de 5,5, 6,6 e 7,2, para o controle, entrada e saída, respectivamente. Estabelecendo uma conexão entre os valores de pH e o parâmetro de germinação de sementes, é evidente que à medida que o pH se torna mais ácido, observa-se uma diminuição na germinação das sementes. Isso pode ser explicado de acordo com a observação feita por TORRES et al. (2018), que afirmaram que as sementes de alface demonstram uma notável sensibilidade a uma ampla gama de substâncias e fatores.

O bioindicador obteve uma excelente taxa de germinação, superior a 100%, conforme o apresentado pelo controle. Nas amostras coletadas antes do tratamento por lagoas de estabilização (amostras de entrada), o Índice de Germinação (IG) alcançou 113%, superando o desempenho do controle. Já, o efluente após o tratamento biológico registrou um IG de 134%, o que era esperado, considerando que o procedimento conseguiu melhorar ainda mais as características do efluente. De acordo com a classificação de BELO (2011), as sementes analisadas apresentaram como resultado a potencialização na germinação. Apesar de apresentarem taxas de germinação excelentes, as sementes não exibiram um alongamento significativo das raízes, resultado semelhante ao observado por TAVARES (2021).

Em uma análise similar do mesmo efluente, TRIQUES (2019) realizou bioensaios de fitotoxicidade com sementes de alface. Os resultados demonstraram uma falta de padrão de comportamento consistente entre as amostras. Em algumas ocasiões, as amostras tratadas apresentaram um maior crescimento em comparação ao efluente não tratado, enquanto em outras ocasiões, mostraram maior inibição.

4. CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas até o momento, é possível concluir que o efluente não demonstrou efeitos fitotóxicos para a espécie vegetal *L. sativa*. No entanto, ainda é necessário verificar outros parâmetros para avaliar a eficácia do tratamento atualmente empregado. A continuidade dos estudos e a otimização das variáveis de tratamento, são fundamentais para a obtenção de um tratamento mais eficiente e ambientalmente seguro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. P.; EL-DEIR, S. G. TAVARES, R. G. *Lactuca sativa* como bioindicador da contaminação por alumínio do lodo de Estação de Tratamento de Água. *Sistemas & Gestão*, v. 16, n. 2, 2021.
- BELO, S, R, S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2011.
- BORGES, T, N; COSTA, R, M; GONTIJO, H, M. Caracterização do efluente de uma indústria de laticínios: proposta de tratamento. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 1, p. e5081742, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de defesa agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA, 2009.
- BRASIL. **Mapa do Leite: Políticas Públicas e Privadas para o Leite**. Ministério da Agricultura e Pecuária, Pelotas, 19 set. 2023. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/portal-do-leite/mapa-do-leite/>
- CARVALHO, M, C, S. **Ozônio no tratamento de águas residuárias de laticínios: otimização e cinética de degradação da matéria orgânica**. 2015. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG.
- NADAL, A. B, HENKEINER, M, BRIAO, V. B. **Electrolytic and nanofiltration processes for wastewater production from dairy effluents**. (September), 160–164, 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade de Passo Fundo RS, 2018.
- OLIVEIRA, K, G. **Degradação de matéria orgânica em efluente de beneficiamento do leite por ozonização**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão.
- QUADRO, et al. Manual de análises de águas e efluentes. Pelotas: Editora UFPEL, 2016.
- SEGANFREDO, D, C. **Avaliação físico-química e toxicológica de tecnologias para o tratamento de efluentes de laticínios**. 2022. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Campus Francisco Beltrão, PR
- SILVA, C, A, A.; SILVA, C, F.; MATOS, J, M, E. Síntese, caracterização e aplicação do trióxido de molibdênio na fotocatalise de efluente têxtil sintético. *Cerâmica*, São Paulo, v. 64, n. 371, p. 454-465, 2018
- TAVARES, M, G. **Tratamento de efluentes oriundo da indústria de laticínios utilizando os processos fenton e foto-fenton**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Instituto de Química e Biotecnologia) - Universidade Federal De Alagoas, Maceió.
- TORRES, P; et al. Protocolo para avaliação dos efeitos de extratos vegetais sobre a germinação e crescimento inicial de alface em microplacas de seis poços. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- TRIQUES, C, C. **Estudo da eficiência da tratabilidade de efluentes de CIP da indústria de produtos lácteos**. 2019. Dissertação (Programa de PósGraduação em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste Do Paraná, Toledo, PR.
- ZUCCONI, Franco. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, v. 22, n. 2, p. 54-57, 1981.