



EFICIÊNCIA DA FITORREMEDIAÇÃO EM EFLUENTES LÍQUIDOS DE INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

MONIQUE DE OLIVEIRA VARELA

RESUMO

Introdução: A remediação ambiental surgiu para mitigar a degradação do meio ambiente causada pelo alto desenvolvimento industrial e ação antropológica. Nesse contexto surge a fitorremediação, uma alternativa sustentável e de baixo custo que utiliza plantas para remediar solos e água contaminados. É uma técnica amplamente utilizada no tratamento de esgotos urbanos e efluentes industriais que são resíduos líquidos provenientes do processo industrial. Um tipo de efluente que apresenta concentrações de matéria orgânica com altas porcentagens de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) são aqueles provenientes de indústrias alimentícias. **Objetivo:** O presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência da fitorremediação e seus diferentes mecanismos, em efluentes líquidos de indústrias alimentícias, apresentando os resultados obtidos com as espécies de plantas utilizadas e a qualidade da água após a fitorremediação. **Material e métodos:** Foi realizada uma revisão bibliográfica com base nos estudos sobre fitorremediação em solos e água nas plataformas SciELO, Google Acadêmico, Springer e Elsevier. **Resultados:** São utilizadas plantas macrófitas que deixam suas partes fotossinteticamente ativas flutuantes na água. A espécie *Phragmites australis* reduziu a DQO em 93,62% e diminuiu a turbidez em 78,94%, a *Eichhornia paniculata* reduziu a DQO em 90% e a *Polygonum sp.* reduziu em 87,5% DQO, ambas aplicadas em efluentes de indústrias de laticínios. A espécie *Ulva fasciata* removeu a turbidez de um efluente de cunicultura em 95,5%. Em relação a água do efluente tratado, as espécies *E. crassipes* e *Pistia stratiotes* fizeram um tratamento efetivo em um efluente de cunicultura, podendo a água ser reutilizada ou lançada em ambientes aquáticos naturais sem causar eutrofização. **Conclusão:** Os estudos revisados mostram que a fitorremediação remove eficientemente matéria orgânica e metais pesados.

Palavras-chave: Remediação; Macrófitas; Matéria Orgânica; Água Contaminada; Fitofiltração

1 INTRODUÇÃO

O elevado desenvolvimento industrial tem se apresentado como um dos principais responsáveis pela degradação ambiental por desmatamento, liberação de gases tóxicos na atmosfera e contaminação de solos e água. Nesse contexto surge a remediação ambiental para tentar reverter ou mitigar esse problema. Dentre os métodos de remediação está a fitorremediação, que utiliza plantas na descontaminação de solos e pode ser implantada em ambientes aquáticos (RODRIGUES; ORLANDELLI, 2018).

Atualmente a contaminação de água naturais e a economia da água vem ganhando grande atenção da população mundial devido à escassez cada vez mais avançada desse recurso natural (BORELLI, 2018). As técnicas aplicadas ao tratamento da água contaminada são a precipitação química, processos de oxidação avançada, osmose reversa, troca iônica, nanofiltração, separação de membranas, eletrocoagulação, eletrodialise e a fitorremediação que

que se mostra sendo uma alternativa sustentável e viável (ANGASSA et al. 2022). Logo, se faz necessário determinar o grau de eficiência da fitorremediação nos efluentes e também em que processos a água do efluente tratado pode ser reutilizada após o tratamento.

A fitorremediação pode ser utilizada como um método de tratamento de efluentes líquidos que são os resíduos líquidos provenientes da atividade industrial (LOPES; DUARTE, 2017). Os efluentes das indústrias alimentícias como de laticínios, carnicultura e bebidas apresentam grandes quantidades de matéria orgânica, o que pode causar eutrofização desses ambientes (MENDONÇA; RIBEIRO; NOGUEIRA, 2019), logo aplicar a fitorremediação nesses efluentes pode ser mais eficiente e a água pode ser reutilizada em outro processo. Grande parte dos estudos pesquisados para essa revisão estão voltados à fitorremediação de esgotos urbanos ou efluentes industriais com contaminantes severos ao meio ambiente.

Essa revisão baseada na literatura científica apresentará como é realizada a fitorremediação de efluentes líquidos das indústrias alimentícias e a eficiência dessa técnica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo é uma revisão da literatura científica, realizada no período de março de 2022 a julho de 2022, abrangendo diversos estudos sobre fitorremediação em efluentes líquidos. Para tanto, utilizou-se artigos e anais científicos disponíveis nas bases de dados SciELO, Google Acadêmico, Springer e Elsevier.

Utilizou-se indexadores em português como remediação ambiental, remediação de efluentes, fitorremediação, fitorremediação de efluentes de indústrias alimentícias, fitorremediação de indústria de bebidas, fitorremediação de indústria de laticínios e fitorremediação em frigoríficos. Alguns indexadores em inglês também foram usados como phytoremediation, phytoremediation of liquid effluents, dairy industry phytoremediation, meat industry phytoremediation e beverage industry phytoremediation.

Após a identificação dos estudos que continham os indexadores acima, foram selecionados os estudos publicados no período de 2017 até 2022. Optou-se por utilizar como base os estudos de Zimmermann e Koefender, dos quais Zimmermann foi professora de graduação da autora. Os demais autores foram selecionados conforme a sua relevância para o assunto do presente estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o processo de fitorremediação de efluentes líquidos são utilizadas macrófitas que são plantas aquáticas cujas suas partes fotossinteticamente ativas ficam submersas ou flutuantes por um período ou de forma permanente (ZIMMERMANN, 2021). Na tabela 01 são apresentados os tipos de efluentes, os métodos de fitorremediação, as espécies utilizadas e seus resultados.

Tabela 01. Métodos de fitorremediação e seus resultados.

Efluente	Método de fitorremediação	Espécie	Resultado
Efluente de piscicultura	Fitofiltração	<i>Eichhornia crassipes</i> <i>Azolla</i> sp	Efetivas na depuração de nitrato, nitrito e amônia da água; Redução de 57% de Cu.
Efluente de indústria de laticínios	Fitodegradação ou fitotransformação	<i>Phragmites australis</i>	Reduziu em 93,62% a DQO, 86,04% no total de sólidos suspensos e diminuiu a turbidez em 78,94%
Efluente de cervejaria	Fitofiltração	<i>Typha latifolia</i>	Removeu até 80% do NKT (Nitrogênio Kjeldahl Total), em torno

Efluente de indústria de laticínios	Fitofiltração	<i>Typha dominguensis</i> <i>Hedychium coronarium</i>	de 65% de NH_4^+ , 58% de NO_3^- e 70% de PO_4^{3-} . Removeram até 50% de nitrogênio e fósforo, até 90% de DBO e 86% de DQO.
-------------------------------------	---------------	--	---

Fonte: Gebeyehu *et al.* 2018; Goswami e Das, 2018; Rodrigues e Orlandelli, 2018; Gomes *et al.* 2019; Mendonça, Ribeiro e Nogueira, 2019; Yazdani e Golestani, 2019; Braga e Zaneti, 2021; Zimmermann *et al.* 2021.

Utilizando a fitofiltração, na qual as raízes das plantas podem realizar a absorção, a adsorção ou a precipitação dos contaminantes (BRAGA; ZANETI, 2021; ZIMMERMANN *et al.* 2021), foram usadas as espécies *Eichhornia crassipes*, *Azolla* sp. para tratar em efluente de piscicultura, Gomes *et al.* (2019) as quais foram efetivas na depuração de nitrato, nitrito e amônia da água, sendo que *Eichhornia crassipes* já foi utilizada no tratamento de um efluente de piscicultura em que houve redução de 57% de Cu de acordo com Goswami e Das (2018) e observou-se que após tratado o efluente os peixes tinham menor concentração de Cu em seus tecidos.

A espécie *Phragmites australis* é utilizada no mecanismo de fitovolatilização, na qual os poluentes são convertidos pela planta em compostos voláteis que são liberados na atmosfera através da transpiração das plantas ou no mecanismo de fitodegradação ou fitotransformação, na qual os poluentes são absorvidos pela planta e dentro dela sofrem uma transformação ou degradação através de compostos presentes no ser vivo (RODRIGUES; ORLANDELLI, 2018; SHAARI *et al.* (2021). Essa espécie foi utilizada na fitorremediação de efluente de indústria de laticínios reduzindo em 93,62% a DQO, 86,04% no total de sólidos suspensos e diminuição da turbidez em 78,94% (YAZDANI; GOLESTANI, 2019). Porém, o estudo não deixa claro se a água pode ser reutilizada.

Utilizando a fitofiltração no tratamento de um efluente de cervejaria Gebeyehu *et al.* (2018) com a espécie *Typha latifolia*, ocorreu a remoção de até 80% do NKT (Nitrogênio Kjeldahl Total), em torno de 65% de NH_4^+ , 58% de NO_3^- e 70% de PO_4^{3-} . O estudo não apresenta qual destino pode ser dado a água tratada. No estudo de Mendonça, Ribeiro e Nogueira (2019) com efluente de laticínios em sistemas alagados construídos, a espécie *Typha dominguensis* junto com a *Hedychium coronarium* através da fitofiltração, apresentaram remoção de até 50% de nitrogênio e fósforo, até 90% na remoção de DBO e 86% para DQO.

4 CONCLUSÃO

A fitorremediação pode melhorar a qualidade da água a ponto de ser reutilizada para irrigar plantações nas indústrias de piscicultura e cunicultura, assim como melhorar a água para descarte no ambiente. Porém, a água tratada através desse método não pode ser destinada ao consumo humano, sendo necessário um maior tempo para o tratamento e outra técnica de tratamento de água para finalmente chegar ao consumo humano. Apesar desse fato, a eficiência da fitorremediação se mostra satisfatória para a conservação da água e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANGASSA, Kenatu; ASSEFA, Berhanu; KEFENI, Kebede K.; NKAMBULE, Thabo T. I.; FITO, Jemal. Brewery industrial wastewater treatment through mesocosm horizontal subsurface flow constructed wetland. **Environment Systems And Decisions**, [S.I.], p. 1-11, (2022). Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10669-022-09849-z>

BORELLI, Elizabeth; "Economia política da água no Brasil", p. 277 -294. In: **Economia Brasileira em Debate: Subsídios ao Desenvolvimento**. São Paulo: Blucher, 2018. ISBN: 9788580393330, DOI 10.5151/9788580393330-15

BRAGA, Luciana Cesário; ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar. Fitorremediação como Alternativa de Tratamento em Emissões de Lixiviado em Aterros Fechados. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S.I.], v. 3, n. 10, p. 51-65, (2021). <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i3>.

GEBEYEHU, Abebe; SHEBESHE, Nurelegne; KLOOS, Helmut; BELAY, Solomon. Suitability of nutrients removal from brewery wastewater using a hydroponic technology with *Typha latifolia*. **Bmc Biotechnology**, [S.I.], v. 18, n. 1, p. 1-13, (2018). Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12896-018-0484-4>.

GOMES, A. C. C.; SILVA, C. M. S. da; SOUSA, J. N.; SILVA, A. F.; PEREIRA, M. C. T. Fitorremediação de efluentes de piscicultura contendo compostos nitrogenados e fósforo. In: ANAIS DA XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 14, 2019, Petrolina. **Anais**. Petrolina: Embrapa Semiárido, (2019). p. 257-262. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1114605>. Acesso em: 07 jun. 2022

GOSWAMI, Sunayana; DAS, Suchismita. Eichhornia crassipes mediated copper phytoremediation and its success using catfish bioassay. **Chemosphere**, [S.I.], v. 210, p. 440-448, (2018). Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.044>.

LOPES, Alex Eduardo; DUARTE, Neimar de Freitas. O tratamento de efluentes líquidos através de sistemas utilizando agentes de fitorremediação: uma revisão sistemática. **R. Gest. Sust. Ambient.**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 432-441, (2017). Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3806/3083. Acesso em: 28 jun. 2022.

MENDONÇA, Henrique V. de; RIBEIRO, Celso B. de Melo; NOGUEIRA, Kelly C. C.. Remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuais de laticínios em sistemas alagados construídos. **Revista de Ciências Agrárias**: Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal, [S.L.], v. 1, n. 40, p. 12-22, 01 set. 2019. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15154>

RODRIGUES, Patrícia Tâmara Alves; ORLANDELLI, Ravelly Casarotti. Plantas como Ferramentas para a Remediação Ambiental: uma revisão da literatura. **Uniciências**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 38-44, (2018). Editora e Distribuidora Educacional. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2018v22n1p38-44>. Disponível em: <<https://uniciencias.pgsskroton.com.br/article/view/5458>>. Acesso em: 28 maio 2022.

SHAARI, N. E. M.; TAJUDIN, M. T. F. M.; KHANDAKER, M. M.; MAJRASHI, A.; ALENAZI, M. M.; ABDULLAHI, U. A.; MOHD, K. S.. Cadmium toxicity symptoms and uptake mechanism in plants: a review. **Brazilian Journal Of Biology**, [S.I.], v. 84, p. 1-17, (2021). FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.252143>.

YAZDANI, Vahid; GOLESTANI, Hossein Alizadeh. Advanced treatment of dairy industrial wastewater using vertical flow constructed wetlands. **Desalination And Water Treatment**, [S.I.], v. 162, p. 149-155, (2019). Desalination Publications. <http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2019.24335>.

ZIMMERMANN, Thalita Gabriella; KOEFENDER, Vanderlei Nestor; LANCINI, Simone Piton. Implantação de sistema biológico de tratamento de efluentes como ferramenta para a educação ambiental em escolas. **Viver IFRS: Revista da Pró-Reitoria de Extensão do IFRS**, Vacaria, v. 9, p. 118-123, (2021). Disponível em: <https://dev7b.ifrs.edu.br/site_periodicos/periodicos/index.php/ViverIFRS/article/view/4673> . Acesso em: 28 maio 2022.