

POLIMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS COM *WOLFFIA BRASILIENSIS*

Ana Beatriz Laluce Vaz¹, Adriana Vanessa Mutumbajoy Benavides²

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, Brasil (ana.laluce@unesp.br)

²Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, Brasil
(adriana.vanessa@unesp.br)

Resumo: A busca por tecnologias de tratamento que possuam baixo custo de instalação e operação com resultados eficientes é fundamental no Brasil, uma vez que os recursos financeiros destinados ao tratamento de esgotos são escassos. Diante disso, surge a possibilidade do polimento de águas residuárias utilizando macrófitas aquáticas. Esse trabalho consistiu em realizar um processo de polimento do esgoto sanitário do município de Ilha Solteira-SP utilizando a macrófita aquática *Wolffia Brasiliensis*.

Palavras-chave: Efluente; Águas residuais; Macrófitas aquáticas; *Wolffia*; Polimento de esgoto.

INTRODUÇÃO

A crescente escassez de água nos dias atuais, leva a população a adotar métodos de utilização conscientes, uma vez que o crescimento demográfico aumenta bruscamente a demanda de água potável, os processos de poluição e a degradação dos ecossistemas aquáticos vem tornando esse recurso cada vez mais limitado (FAO, 2022).

A maior parte da carga poluidora nos ecossistemas provém de águas residuárias, com isso várias tecnologias para a remoção de poluentes são avaliadas visando encontrar alternativas novas e viáveis, por exemplo as tecnologias de tratamento *in situ* (KARNA; VISVANATHAN, 2019).

As águas residuárias são provenientes das estações de tratamento de esgotos (ETE), ou seja, são águas que tiveram alguma finalidade e apresentam suas características naturais alteradas (LUCENA *et al.*, 2018) e possuem características específicas para cada forma de utilização.

Para que a água residuária possa ser reutilizada ou descartada de maneira correta, existem critérios recomendados e padrões que tenham sido estabelecidos para um determinado uso, sendo assim necessário estudar as características físicas, químicas e biológicas destas águas residuárias. As distintas formas potenciais para o reuso dependem das características, também das condições locais (AMARAL, 2019).

Os sistemas de tratamento para águas residuárias, geralmente, apresentam a separação de matéria orgânica ou outros materiais sólidos do meio líquido e a remoção de agentes patológicos (LUCENA *et al.*, 2018). Em alguns casos, utiliza-se também uma

combinação de tratamentos físicos, químicos e biológicos (LUCENA *et al.*, 2018).

Segundo Lucena *et al.* (2018), existem vários níveis de tratamentos para as águas residuárias. A primeira etapa é a preliminar, geralmente focada na remoção de sólidos grosseiros, seguida pelo tratamento primário, responsável pela remoção de sólidos em suspensão menores, posteriormente, o tratamento secundário, responsável pela remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e por fim, o terciário, para a eliminação dos nutrientes e patógenos (LUCENA *et al.*, 2018).

De acordo com Buss (2015), os sistemas de tratamentos biológicos com lagoas de estabilização em série, são amplamente utilizados em locais com disponibilidade territorial, geralmente o arranjo construtivo é composto por lagoas: anaeróbia; facultativa; aerada e decantação.

Em efluentes com elevada concentração de nutrientes é viável que sejam empregadas algumas adaptações de polimento e como alternativa para estes sistemas de tratamento em nível terciário de polimento podem ser utilizadas lagoas com macrófitas flutuantes (BUSS, 2015).

A aplicação de macrófitas como tratamento ecológico das águas residuais vêm sendo muito utilizado e é descrito como um método eficiente para o tratamento de diferentes categorias de efluentes (EKPERUSI *et al.*, 2019).

As macrófitas aquáticas (Macro = grande; Fita = planta), consistem em espécies vegetais facilmente visíveis, cuja porção ativa está encarregada dos processos fotossintéticos, são permanentemente (inclusive por algum mês no ano), total, parcialmente

submersas ou, ainda, flutuantes (IRGANG; GASTAL, 1996).

As macrófitas são plantas que apresentam um grande potencial de adaptação ecológica, podem ser encontradas desde ambientes de águas doces, salobras e salgadas (SILVA, 2011). Deste modo, também conseguem permanecer em ecossistemas aquáticos lóticos e lênticos em presença de diversas características abióticas da água como, disponibilidade de nutrientes, temperatura e intensidade da luz (LACOUL; FREEDMAN, 2006); também em outros fatores que se manifestam em um nível menor, como o sombreamento nas margens, características do sedimento, nível da água, velocidade de corrente e a declividade da margem (BORNETTE e PUJALON, 2011).

Em altas densidades, podem atuar como tratamento das águas residuárias, melhorando consideravelmente a qualidade da água (SILVA, 2011).

Segundo Trindade *et al.* (2010) a classificação das macrófitas aquáticas de acordo a sua forma biológica (ver Figura 1):

- **Submersas enraizadas ou fixas:** enraizadas e crescem totalmente submersas na água, normalmente emitem as estruturas reprodutivas acima do nível da água. Exemplo: *Potamogeton pectinatus* (potamogeto).
- **Submersas livres:** São plantas que permanecem flutuando submersas na água. Geralmente prendem-se a pecíolos e caules de outras macrófitas. Exemplo: *Utricularia gibba* (violeta-do-brejo).
- **Flutuantes fixas:** são enraizadas e com folhas flutuando na superfície da água. Como, *Nymphaeoides indica* (estrela-branca).
- **Flutuantes livres:** são plantas que permanecem flutuando com as raízes abaixo do nível da superfície da água. Como por exemplo: *Wolffia*.
- **Emergentes:** são plantas enraizadas, porém com folhas podendo alcançar grande altura acima do nível d'água. Exemplo: *Typha domingensis* (taboa).
- **Anfíbias:** geralmente encontradas na interface água-terra, tolerantes à seca. Como, *Salix humboldtiana* (salgueiro).
- **Epífitas:** são espécies que se estabelecem e se desenvolvem sobre indivíduos de espécies flutuantes livres ou fixas. Exemplo: *Oxycaryum cubense*.

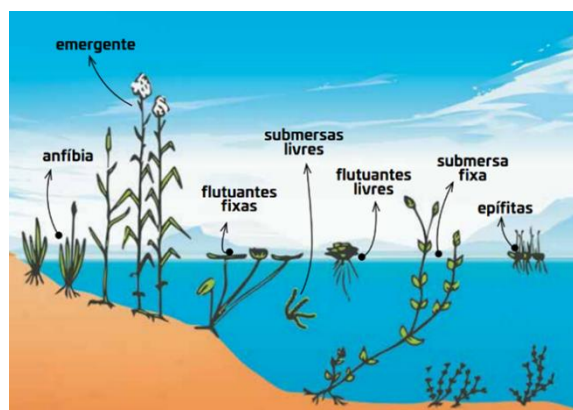


Figura 1. Classificação das macrófitas aquáticas de acordo com sua forma biológica.

Fonte: CEMIG, 2021.

Trindade *et al.* (2010) afirma que as macrófitas apresentam grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica, o que possibilita que a mesma espécie colonize diferentes tipos de ambientes, facilitando a sua ampla distribuição geográfica.

As macrófitas exercem funções fundamentais para a manutenção da biodiversidade, para o metabolismo e para a estrutura dos ambientes aquáticos, além de ser consideradas como indicadoras da qualidade da água (CEMIG, 2021).

Diversas funções são atribuídas às macrófitas aquáticas, tais como: efetuam a ciclagem de nutrientes, uma vez que absorvem nutrientes das áreas profundas e tornam esses disponíveis a outras comunidades, removem nutrientes de zonas que apresentam eutrofização e atuam como uma barreira de proteção contra a erosão nas margens dos corpos d'água (CEMIG, 2021).

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, em sua maioria com extensas regiões litorâneas, são propícios à ocorrência de macrófitas aquáticas (TRINDADE *et al.*, 2010).

Buss (2015) determinou que dentre as diversas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, destacam-se as menores angiospermas conhecidas em todo o mundo, as plantas pertencentes à subfamília *Lemnoideae* (antiga família *Lemnaceae*), com origem no latim, o termo *limnus* significa lago. Com relação ao habitat natural destas, possui cinco gêneros: *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Landoltia* e *Wolffiella* (POTT, 2000; BUSS, 2015), como mostra a Figura 2. Estas crescem em superfícies de águas doces, ricas em nutrientes e popularmente são denominadas no Brasil como “lentilha d’água” (LANDOLT E KANDELER, 1986; BUSS, 2015).

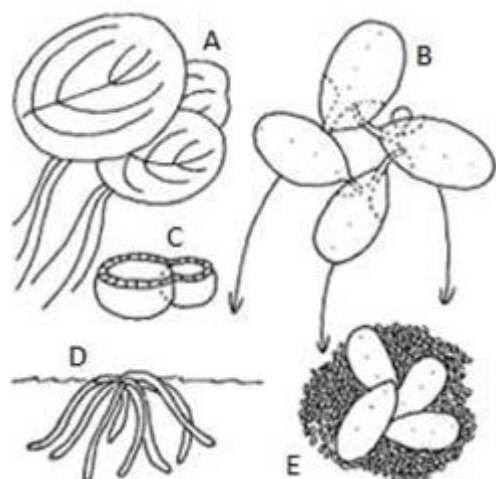


Figura 2. Morfologia das Lemnas nos Gêneros:

A – *Spirodella*, B – *Lemna*, C – *Wolffia*, D – *Wolffia*, E – *Lemna* com *Wolffia*.

Fonte: Skillicorn, Spira e Journey (1993).

De acordo com Hu (2021), as lentilhas d'água possuem estrutura simples, sistema vascular, produzindo flores e frutos, de crescimento rápido e podem se reproduzir assexuadamente.

Estão sendo bastante utilizadas no polimento de efluentes de águas residuárias, tendo em vista que representam uma opção viável e eficiente economicamente na remoção de nutrientes. A *Lemnoidae* tem uma grande capacidade de assimilação dos nutrientes, com isso, promovem condições adequadas para os processos de decomposição da matéria orgânica (MOHOEDANO, 2010).

Para Cheng *et al.* (2002), as principais vantagens consistem na elevada eficiência e na fácil adaptação no meio aquático, outros principais atributos que levam a sua utilização na depuração de efluentes orgânicos são: alto requerimento por nutrientes como fósforo e nitrogênio, rápido crescimento entre os vegetais vasculares, grande capacidade de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos suspensos, impedimento da proliferação de algas e de insetos, devido à baixa penetração de luz solar, representam uma barreira física importante e, além disso, apresentam biomassa de elevada qualidade.

Por sua parte, Smaniotto (2016) considera que as colheitas frequentes e a quantidade deste tipo de macrófitas influenciam diretamente na eficácia do tratamento e o valor nutricional das plantas, uma vez que a extração regular da biomassa excedente e as condições de manejo apropriadas dos nutrientes presentes no corpo d'água asseguram o desenvolvimento e processos reprodutivos.

As lemnas usadas como método de tratamento de águas residuárias, foram fundamentadas na biologia e ecologia destes organismos e na sua capacidade de desenvolvimento em ambientes eutrofizados, assim como as lagoas de tratamento. Desta maneira, apresentam capacidade de suportar elevadas cargas de matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes, assim como, variações diversas no pH (MOHEDANO 2010).

As plantas do gênero *Wolffia* são conhecidas como as menores macrófitas da família das lemnas, possuem o menor tamanho de fronde e flores e flutuam livremente na superfície da água, são globosas, ovóides a subcirculares, cilíndricas, cônicas em forma de barco ou noz, com 1 ou 2 frondes unidas, não possuem raiz e sua distribuição ocorre em regiões tropical-subtropical e quente-temperada das Américas (BUSS, 2015; LAHIVE *et al.*, 2016).

De acordo com Suppadit *et al.* (2008), a *Wolffia* apresenta rápido crescimento e reprodução, além disso, fornece alta nutrição, especialmente proteína, para que possa ser usada para fazer ração animal, e até mesmo para consumo humano.

Faskin (1999) afirma que a *Wolffia* pode apresentar de 6,80 a 45,0g de proteína para cada 100g de biomassa.

Ainda são escassos estudos sobre o tratamento de águas residuárias em lagoas de polimento com espécies do gênero *Wolffia*, não se sabe o nível exato ideal de fertilização do ambiente que propicie o crescimento vegetal com produção de biomassa vegetal de qualidade em teor de: carboidratos; proteínas, fibras e lipídios (LANDOLT E KANDELER, 1986).

Landolt e Kandeler (1986) relatam, que a biomassa seca destas plantas pode apresentar teor de lipídio de 1,8% a 9,2%, fibra bruta de 5,7% a 16,2% e proteína bruta de 6,8% a 45%. Dessa forma, é evidente a possibilidade do aproveitamento desta biomassa para diversos usos, como alimentação animal. Além disso, sua utilização é viável na produção de energias renováveis a partir da sua fermentação com produção de bioetanol ou ainda geração de biometano a partir de sua digestão anaeróbica (GEORGE, 2010).

Para o crescimento adequado, a *Wolffia* requer uma temperatura de 17,5°C a 30°C e luz solar, além de nitrogênio, fósforo e potássio agindo como nutrientes suplementares (HASAN e CHAKRABARTI, 2009). Foi relatado por Yahaya *et al.* (2022), que com uma pequena quantidade de nitrogênio e fósforo e alta temperatura, a lentilha desenvolve-se rapidamente. Hasan e Chakrabarti (2009) afirmam, que a planta não se desenvolverá em águas com temperatura igual ou superior a 35°C. Assim também, autores como Skillicorn *et al.* (1993), estabelecem que para o

desenvolvimento ideal da *Wolffia* em relação ao pH, a faixa ideal seria de 7,00 a 8,00.

Estudos efetuados por Pereira *et al.* (2018), comprovaram que o ciclo de vida médio da *Wolffia* é de três meses, incluindo os períodos de estabelecimento, crescimento, reprodução e senescência.

Conforme Alaerts *et al.* (1996) a produção da biomassa depende diretamente das estações do ano. Em períodos de estações secas a produção é de cerca de 550 a 650 kg de biomassa úmida/ha.d, e em períodos de estações úmidas tem-se cerca de 1000 a 1200 kg de biomassa úmida/ha.d (ALAERTS *et al.*, 1996).

Satya *et al.* (2020), comprovaram que o meio mais promissor de estimular o crescimento da *Wolffia*, através de processos de inibição do crescimento de microalgas, é com a utilização do fertilizante de nitrogênio, fósforo e potássio enriquecido com melaço e oligoelementos, por outro lado para a criação de aminoácidos, crescimento e desenvolvimento, a planta requer nitrogênio, para o armazenamento e transferência de energia, a planta necessita do fósforo e para ativar as enzimas e possibilitar o metabolismo, a planta utiliza o potássio.

Segundo Junior (2020), um sistema de cultivo de *Wolffia* é um sistema co-benéfico, uma vez que é promissor para purificação de água e para produção de recursos. Soda *et al.* (2013), analisou a remoção de nutrientes com *Wolffia* utilizando mesocosmos de laboratório alimentados com águas residuárias do sistema secundário de tratamento, obtendo os resultados de remoção de nitrogênio e fósforo por frondes vegetativas respectivamente de 0,03-0,18 mgN/m².d e 0,023-0,079 mgP/m².d. Além disso, a *Wolffia* é uma planta fito remediadora que extrai metais, radionuclídeos e outros poluentes de águas residuárias (LANDESMAN *et al.*, 2005).

Pesquisas demonstraram redução de nitrogênio com a *Wolffia* em efluentes domésticos, Alaerts *et al.* (1996) observou uma remoção de 60 a 80% de nitrogênio total no efluente em um período de 20 dias. Körner *et al.* (1998) observou que a remoção de nitrogênio total variou entre 73 e 97% em 3 dias, dependendo da concentração inicial do efluente.

Por tanto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho e a eficiência da *Wolffia* no tratamento de águas residuais, além de comprovar e estabelecer suas melhores condições de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A *Wolffia Brasiliensis* foi a espécie de macrófita utilizada durante a toda pesquisa e todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Saneamento da

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP.

Para determinação da espécie do gênero *Wolffia* utilizada na pesquisa, fez-se uma análise comparativa da macrófita adotada para o experimento com as características das espécies citadas em Pott (2020).

De acordo com Pott (2020), a espécie *brasiliensis* possui toda fronde coberta por pigmentos castanhos, sendo esses mais visíveis em frondes adultas ou já secas.

Como observa-se na Figura 3, a planta disponível em laboratório possui uma papila na face superior da fronde e células enegrecidas, diferenciando-se assim de todas as outras espécies do gênero *Wolffia*.



Figura 3. *Wolffia* utilizada em pesquisa vista em microscópio.

O experimento foi realizado dentro do laboratório visando avaliar o ciclo de vida da macrófita, suas condições ideais de crescimento e os efeitos da macrófita nos seguintes parâmetros de tratamento: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Turbidez.

Utilizou-se, para o experimento, duas caixas de cultivo de, aproximadamente, 12 L contendo esgoto doméstico tratado da ETE de Ilha Solteira – SP. Uma das caixas contendo a *wolffia* e a outra servindo como controle, contendo apenas efluente, como mostra a Figura 4. Desse modo, pode-se avaliar se a presença das plantas altera o tratamento em comparação com apenas o processo de autodepuração do esgoto na caixa controle.



Figura 4. Caixa controle e caixa com cultivo de *wolffia brasiliensis*.

O sistema continha uma bomba submersa para recirculação contínua, em uma vazão de 6.10^{-3} L.s⁻¹ e potência de 3 W.

Utilizou-se uma caixa de madeira contendo uma lâmpada branca morna de 2700K e 105 W, conforme a Figura 5, ligada a um timer analógico para controle do fotoperíodo adotado de 12 horas, simulando assim a luz do dia.



Figura 5. Caixa de madeira com lâmpada e timer analógico.

Os parâmetros de turbidez, DQO e DBO foram analisados três vezes por semana, durante 35 dias, utilizando adaptações do Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se uma densidade inicial de 450g/m² de *wolffia*.

Os resultados para o parâmetro de DQO são apresentados na Figura 6.

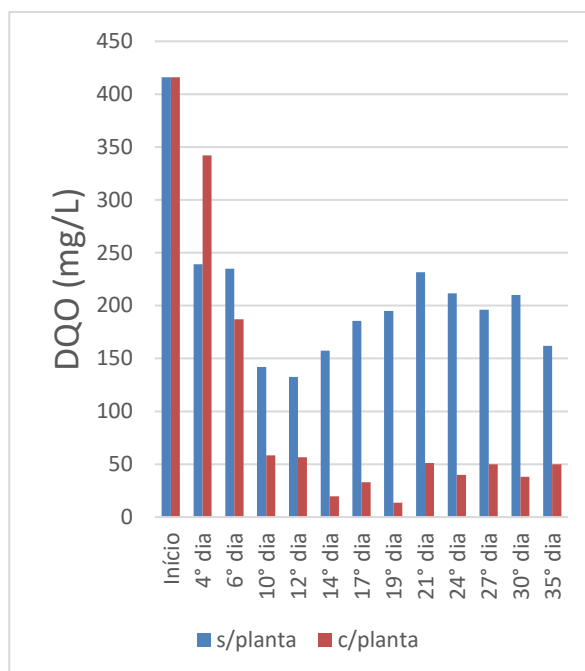


Figura 6. Resultados do polimento com *wolffia* para DQO por 35 dias.

Os resultados para o parâmetro de DBO são apresentados na Figura 7.

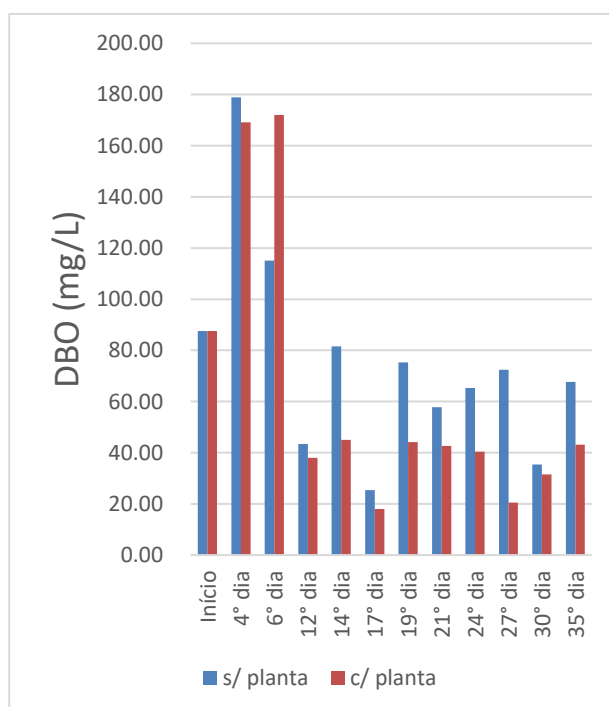


Figura 7. Resultados do polimento com *wolffia* para DBO por 35 dias.

Os resultados para o parâmetro de turbidez são apresentados na Figura 8.

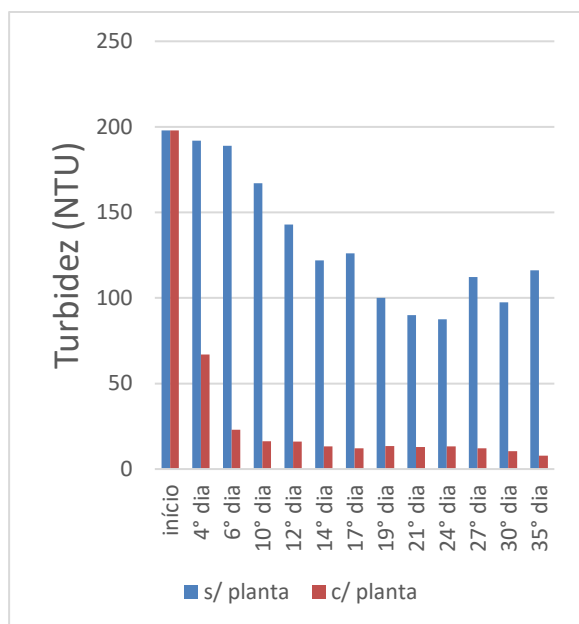


Figura 8. Resultados do polimento com *wolffia* para turbidez por 35 dias.

A densidade da *wolffia brasiliensis* durante os 35 dias de experimento apresenta-se na Figura 9.

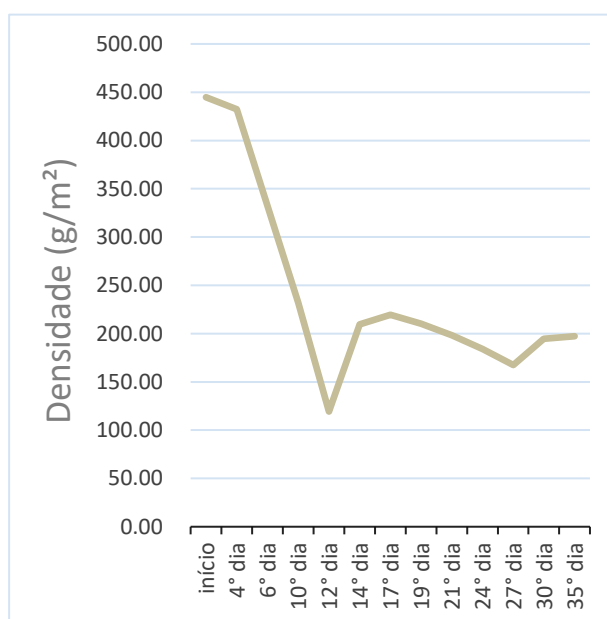


Figura 9. Densidade da *wolffia brasiliensis* durante o período de 35 dias.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, observa-se que a partir do 12° dia os parâmetros de DQO, DBO e turbidez apresentam valores possivelmente estabilizados. Além disso, a densidade da macrófita apresenta um valor inferior aos demais no 12° dia.

Diante do exposto, verifica-se que ao final do experimento, a caixa que continha a *Wolffia* apresentou valores de DQO, DBO e turbidez significativamente inferiores a caixa controle, o que indica um resultado positivo para o polimento do efluente com a macrófita.

Desse modo, o polimento de águas residuais com a macrófita aquática *Wolffia* mostrou-se eficaz e vantajoso economicamente.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALAERTS, G. J. *et al.* Performance analyses of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon, **In: Water Research**, Londres, v.30, n. 4, p. 843-852, 1996.
- AMARAL, Inês Carvalhal. **Reutilização de águas residuais tratadas na rega de espaços verdes: efeito de salinidade nos solos e nas plantas**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2019. Dissertação de mestrado.
- APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D (2005).; *et al.* **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21ª ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p.
- BORNETTE, G.; PUJALON, S. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review, **In: Aquatic Science**, v. 74, p. 1-14, 2011.
- BUSS, Marta Verônica et al. **TRATAMENTO DOS EFLUENTES DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DIFERENTES PROCESSOS DE TRATAMENTO**. Revista de Engenharia Civil IMED, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.
- CHENG, J. *et al.* Nutrient recovery from swine lagoon water by *Spirodela punctata*, **In: Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 81, p. 81–85, 2002.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Macrófitas Aquáticas: Caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos**. 1. ed. Minas Gerais: Cemig, 2021.
- EKPERUSI, A. O. *et al.* Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective. **In: Elsevier BV**. Chemosphere,

- Oxford, v. 223, p. 285-309, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.025>.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **O Estado da Pesca e Aquicultura Mundial 2022**. Em direção à transformação azul. Roma. FAO. 2022.
- FASKIN, E.A. **Nutrient quality of leaf protein concentrates produced from water fern (*Azolla africana* Desv) and duckweed (*Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden)**, *In: Bioresource Technology*, v. 62, p. 185–187. 1999.
- GEORGE, F. O. A. et al. **Antimicrobial properties of some plant extracts on organisms associated with fish spoilage**. University of Agriculture, Abeokuta (UNAAB) Nigeria, 2010.
- HASAN, M.R., CHAKRABARTI, R. Floating aquatic macrophytes-Duckweeds. *In: Use of algae and aquatic macrophytes as feed-in small-scale aquaculture- A review*, *In: FAO Fish. Tech. Pap*, v. 531, p. 29–51, 2009.
- HU, Zhubin *et al.* **Determining the nutritional value and antioxidant capacity of duckweed (*Wolffia arrhiza*) under artificial conditions**. Food Science and Technology, [S. l.], p. 1-8, 18 set. 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112477>. Disponível em: www.elsevier.com/locate/lwt. Acesso em: 16 junho. 2023.
- IRGANG, B. E.; GASTAL JR., C. V. S. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. Porto Alegre, CPG-Botânica/UFRGS. 290p. 1996.
- JÚNIOR, J. C. **Avaliação de lagoas de tratamento com presença de macrófitas flutuantes e microalgas aplicadas ao póstratamento de esgoto sanitário em condições de clima subtropical**. 2020. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2020.
- KARNA, D.; VISVANATHAN C. From conventional activated sludge process to membrane-aerated biofilm reactors: scope, applications, and challenges. Water and wastewater treatment technologies. Singapore: Springer, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3259-3_12.
- KÖRNER, S. *et al.* **The influence of *Lemna gibba* L. on the degradation of organic material in duckweed-covered domestic wastewater**, *In: Water Research*, Londres, v.32, n. 10, p. 3092-3098, 1998.
- LACOUL, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems, *In: Environmental Reviews*, v. 14, p. 89-136, 2006.
- LAHIVE E. *et al.* Differential sensitivity of four Lemnaceae species to zinc sulphate, *In: Environ Exp Bot*, v. 71, p. 25-33. 2011.
- LANDESMAN, L., P, N.C. *et al.* Modeling duckweed growth in wastewater treatment systems, *In: Livest. Res. Rural. Dev*, v. 17, n. 6. 2005.
- LANDOLT, E.; KANDELER, R. **The family of lemnaceae—a monographic study**: *In* Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae). Veröffentlichungen Geobotanisches Institut Rubel ETH, n. 71, 1986.
- LUCENA, C, Y, S.; SANTOS, D, J, R.; SILVA, P, L, S.; COSTA, E, D.; LUCENA, R, L. **O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro**. 1. ed. rev. [S. l.]: Regne, 2018. 17 p. v. 4.
- MOHEDANO, R. A. **Uso de macrófitas lemnáceas (*Landoltia punctata*) no polimento e valorização do efluente de suinocultura e na fixação de carbono**. 2010. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2010.
- PEREIRA, P. C. *et al.* **ACUTE TOXICITY OF HERBICIDES AND SENSIBILITY OF AQUATIC PLANT *Wolffia brasiliensis* AS A BIOINDICATOR ORGANISM**. Planta Daninha, [S. l.], ano 2019, v. 37, n. 019201636, p. 1-8, 17 ago. 2018.
- POTT, J. V. **Plantas aquáticas do pantanal**. Corumbá, MS. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. EMPRAPA, p. 404, 2000.
- Pott, V.J., Lourenço, A.R. 2020. **Wolffia in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- SATYA, A. *et al.* Nitrogen uptake competition between minute duckweed (*Lemna perpusilla* Torr) and microalgae under various nutrient compositions, *In: Earth Environ. Sci*, v. 535 n.1. 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/535/1/012027.
- SILVA, S.S.L. **Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em reservatórios no estado de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade Federal Rural Pernambuco. 108 p., 2011.

SKILLICORN, P.; SPIRA, W. e JOURNEY, W.

Duckweed aquaculture: a new aquatic farming system for developing countries. Washington, D.C., The World Bank. p. 76, 1993.

SMANIOTTO, F. **Enriquecimento de amido de biomassa produzida em lagoa de Lemna utilizando a espécie *Landoltia punctata***. 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, São Paulo, 2016.

SODA, S. *et al.* Kinetics of nutrient removal and biomass production by duckweed *Wolffia arrhiza* in continuous-flow mesocosms. **In: Ecological Engineering**, [s. l.], v. 57, p. 210–215, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.023>.

SUPPADIT, Tawadchai; PHOOCHINDA, Wisakha; PHUTTHILERPHONG, Saowanit; NIEOBUBPA, Chalida. **Treatment of effluent from shrimp farms using watermeal (*Wolffia arrhiza*)**. RESEARCH ARTICLE, [S. l.], p. 1-6, 2 jan. 2008.

TRINDADE, Claudio Rossano. *et al.* Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do campus carreiros: FURG, RIO GRANDE, RS, **In: Cadernos da Ecologia Aquática**, [S. l.], p. 1-22, 22 dez. 2010. Acesso em: 18 junho. 2022.

YAHAYA, Nazariyah *et al.* **Duckweed as a future food:** Evidence from metabolite profile, nutritional and microbial analyses. *Future Foods* v. 5, [S. l.], p. 1-9, 7 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100128>. Acesso em: 18 junho. 2023.