

## **Efeito do bisfenol-a nas capacidades fotossintéticas de *Egeria densa***

Lavínia Carolini Rios Praes

<sup>2</sup> Marcela Bianchessi da Cunha Santino

### **Recursos Naturais e Serviços Ambientais**

#### **Resumo**

Nos últimos anos, os microplásticos se tornaram uma fonte significativa de contaminação devido aos seus efeitos prejudiciais ao meio ambiente e aos organismos. Há evidências de que os plásticos, em todas as suas formas e tamanhos, podem afetar os organismos em diferentes escalas biológicas. Entre as diversas substâncias presentes nos plásticos encontrados nos ecossistemas aquáticos, destaca-se o Bisfenol A (BPA), um composto amplamente produzido e utilizado. Ainda são poucos os estudos sobre os efeitos do BPA na biota aquática; por isso, bioensaios foram realizados para avaliar o efeito desse contaminante nas taxas fotossintéticas de *Egeria densa*. Foram realizados quatro tratamentos, sendo um controle e três com BPA nas seguintes concentrações: 5, 15 e 25 mg L<sup>-1</sup>. Nos bioensaios, as hastas apicais de *Egeria densa* tiveram as concentrações iniciais de oxigênio dissolvido medidas, sendo então mantidas sob iluminação de 181 μmol/m<sup>2</sup>/s. Após cerca de duas horas, as concentrações de oxigênio dissolvido foram medidas novamente. A fotossíntese líquida foi calculada com base na diferença entre as concentrações iniciais e finais de oxigênio dissolvido. Nas concentrações de BPA testadas, não houve diferença significativa entre os tratamentos, embora a média da fotossíntese líquida nos tratamentos com 15 e 25 mg L<sup>-1</sup> tenha sido 30% e 18% menor, respectivamente, em comparação ao controle. As taxas fotossintéticas de *Egeria densa* submetidas a 5 mg L<sup>-1</sup> foram estimuladas pela presença do contaminante.

Palavras-chave: macrófita; fotossíntese; bioensaios; plásticos; bisfenol-A.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos/Depto. de Hidrobiologia. laviniarios@estudante.ufscar.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos/Depto. de Hidrobiologia. cunha\_santino@ufscar.br

### **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, os microplásticos se tornaram uma fonte significativa de contaminação devido aos seus efeitos prejudiciais ao meio ambiente e aos organismos (PRIYAA et al., 2023). Considerando que os microplásticos são materiais não biodegradáveis e amplamente utilizados, há uma crescente preocupação ambiental (VENERAL et al., 2023). Há evidências de que os

# I SiCAm e VIII JoGAAm

plásticos, em todas as suas formas e tamanhos, podem afetar os organismos em diferentes escalas biológicas. As investigações em sistemas de água doce têm se intensificado recentemente, uma vez que cerca de 80% dos plásticos encontrados no ambiente marinho provêm dos sistemas de água doce, como os ambientes lóticos (RAJU et al., 2023). Devido às suas propriedades resistentes à corrosão, a maioria dos plásticos é considerada um material de difícil degradação, i.e., que pode persistir no ambiente por até um século (COLE et al., 2011). Portanto, investigar a contaminação dos corpos de água doce é crucial para a compreensão dos impactos dos plásticos e de seus subprodutos (CHAVES et al., 2023).

Entre as diversas substâncias presentes nos plásticos encontrados nos ecossistemas aquáticos, destaca-se o BPA (Bisfenol A), um composto químico industrial amplamente produzido e utilizado. Esse composto atinge o ambiente aquático não apenas por meio das estações de tratamento de águas residuais, mas também devido à sua liberação e adsorção pelos materiais plásticos (REHSE et al., 2018).

Nos ecossistemas aquáticos de águas doces, os produtores primários, como as macrófitas aquáticas, desempenham diversas funções ecológicas (THOMAZ, 2023). As macrófitas aquáticas desempenham papéis importantes nos ecossistemas, como a capacidade de absorver excesso de nutrientes e poluentes da água (HAGEL; MELO, 2016), além de serviços relacionados ao ciclo de nutrientes e ao fornecimento de habitat. As macrófitas também participam dos ciclos biogeoquímicos e da produção de gases (THOMAZ, 2023). As macrófitas aquáticas submersas, enraizadas e emergentes, se destacam pela eficiência em remover uma grande variedade de poluentes, embora esse potencial de remoção varie de espécie para espécie (DHIR et al., 2009). O objetivo do presente trabalho foi investigar as taxas fotossintéticas da *E. densa*, uma macrófita submersa enraizada, em meio contaminado com três concentrações de BPA em condições controladas de laboratório.

## METODOLOGIA

## I SiCAm e VIII JoGAAm

Para avaliar os efeitos de 3 concentrações de BPA nas taxas fotossintéticas, ramos apicais saudáveis de *Egeria densa* foram selecionados em tanques de cultivos (500 L) mantidos em casa de vegetação sob iluminação natural e em temperatura ambiente. Os ramos foram lavados cuidadosamente com água da torneira e na sequência com água destilada (para remoção das partículas aderidas). Os ramos foram cortados em hastes de 7 cm de comprimento. Foram separadas 28 hastes que foram fixadas em béqueres de vidro (50 ml), previamente preenchidos com ca. 30 ml de solo hidromórfico (Figura 1), coletado manualmente nas margens do rio Monjolinho (CG = -21.983760, -47.878148). O solo foi utilizado como substrato de fixação para as hastes de *E. densa*. Para compor cada tratamento: controle (C) e três concentrações de BPA (T1, T2 e T3), foram selecionadas, aleatoriamente, 7 hastes de *E. densa* previamente fixadas no substrato.

Os béqueres selecionados para cada tratamento (C, T1, T2 e T3), foram colocados em uma cuba de borossilicato (i.e., câmara de crescimento) com capacidade de 2 L, o qual foi preenchida com água destilada. Visando evitar o aumento da turbidez nas câmaras de crescimento foi adicionada na superfície de cada béqueres uma camada (cerca de 1 cm) de areia previamente calcinada (500 °C por 3 horas).

As cubas de crescimento foram mantidas em aclimação por uma semana, sendo mantidos a 27°C sob regime de luz 12h claro ( $181 \mu\text{mol m}^{-2} \text{cm}^{-1}$ ) e 12 h escuro. Esses parâmetros abióticos de crescimento (temperatura e intensidade luminosa) foram baseados na média de estudos de laboratório com *Egeria* em diferentes condições de aclimação (PEZZATO et al., 2024). Após o período de aclimação, nas cubas selecionadas para os tratamentos com BPA, foram adicionadas o contaminante BPA nas seguintes concentrações (5 (T1), 15 (T2) e 25 (T3) mg L<sup>-1</sup>). Para garantir a total solubilização do BPA, após o reagente entrar em contato com a água, o BPA foi sonificado durante 45 min em banho ultrassom (Marca Unique, modelo 1400A) e, na sequência, mantido por 4 horas em agitação constante a 80°C (AZIZ et al., 2022).

Uma vez por semana, as hastes plantadas de *Egeria* (e brotos) foram medidas com auxílio de régua milimetrada. Ainda, semanalmente, para realizar as determinações das taxas fotossintéticas, 3 hastes de *E. densa* de cada tratamento (C, T1, T2 e T3) foram desplantados aleatoriamente dos béqueres. Na sequência, as hastes foram adicionadas a frascos de DBO contendo 300 ml da água dos respectivos meios de cultura e tiveram as concentrações de oxigênio dissolvido medido em cada frasco com auxílio de oxímetro (Marca YSI, modelo 58; precisão: 0,01 mg L<sup>-1</sup>). Os frascos de foram mantidos sob iluminação (181  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{cm}^{-1}$ ) e após cerca de duas horas, a concentração de oxigênio dissolvido foi medida novamente. Por ser um experimento de crescimento não destrutivo, a determinação de massa seca (MS em g) das hastes foi determinada por meio de uma curva de biometria previamente realizada com o comprimento (cm) das hastes frescas e secas de *E. densa* [massa seca = 0,0062 x massa fresca ( $r^2 = 0,97$ )]. Considerando a diferença inicial e final das concentrações de oxigênio dissolvido (antes e depois de 2 horas de incubação), foram realizados os cálculos da fotossíntese líquida (LITTLER; ARNOLD, 1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagrama de caixas (boxplot) da Figura 1 apresenta a variação da fotossíntese líquida ( $\text{mg O}_2 \text{g}^{-1} \text{MS h}^{-1}$ ) entre diferentes tratamentos: Controle, T1, T2 e T3. No Tratamento Controle, a mediana está próxima de 1,75  $\text{mg O}_2 \text{g}^{-1} \text{MS h}^{-1}$ . Os valores de fotossíntese líquida apresentam variabilidade média entre todos os tratamentos. O T1 apresentou a maior variabilidade, com uma grande amplitude interquartil ao ser comparada com os demais tratamentos. A mediana está em torno de 1,0  $\text{mg O}_2 \text{g}^{-1} \text{MS h}^{-1}$ , sendo a menor de todos os tratamentos, mas há uma grande dispersão nos resultados em relação aos Controle, T2 e T3. A dispersão sugere maior variabilidade em função do efeito da menor concentração de BPA na fotossíntese líquida de *E. densa*. Em T2, a mediana está próxima de 1,25  $\text{mg O}_2 \text{g}^{-1} \text{MS h}^{-1}$ , com menor variabilidade em comparação ao Controle e T1. Em T3, a distribuição das taxas de fotossíntese líquida foi mais

estreita entre todos os tratamentos, com valores dentro de uma amplitude bem definida. O T3, apresentou mediana próxima de 1,35 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> e baixa variabilidade entre todos os tratamentos. Os limites superior e inferior são curtos, indicando que os valores de fotossíntese líquida apresentaram menos variabilidade, sendo mais consistentes, mesmo sendo submetidos às maiores concentrações de BPA.

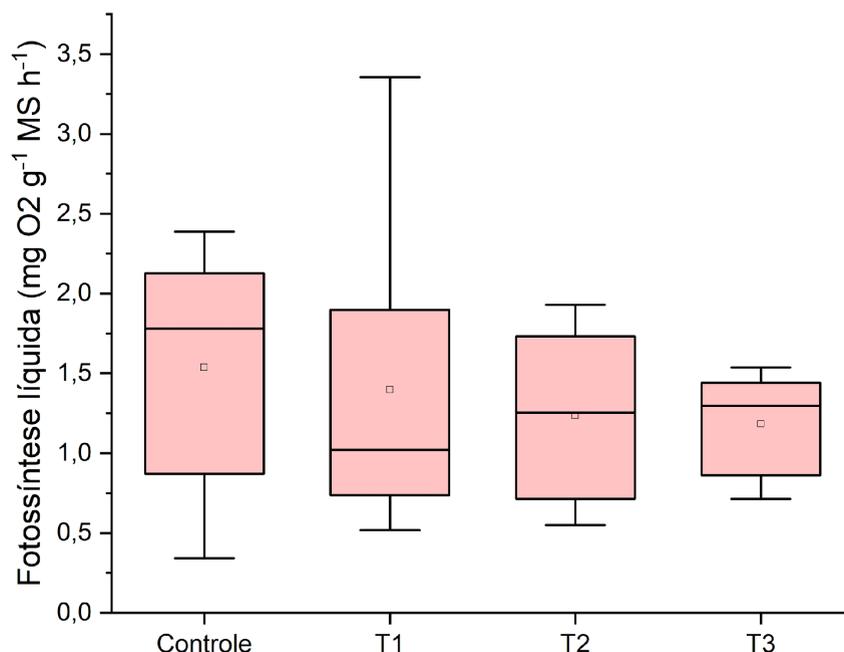


Figura 1 – Fotossíntese líquida da *Egeria densa* em função dos tratamentos: Controle, T1 (5 mg L<sup>-1</sup>), T2 (15 mg L<sup>-1</sup>) e T3 (25 mg L<sup>-1</sup>).

Os valores médios da fotossíntese líquida de *Egeria densa* da Figura 2 foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Como a suposição de normalidade foi confirmada, optou-se por realizar a análise paramétrica utilizando o teste de ANOVA, para avaliar a ocorrência de diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), apesar da média da fotossíntese líquida no menor tratamento (T3) ser 1,30 menor que o Tratamento Controle, 1,18 menor que o T3 e 1,05 menor que o T2.

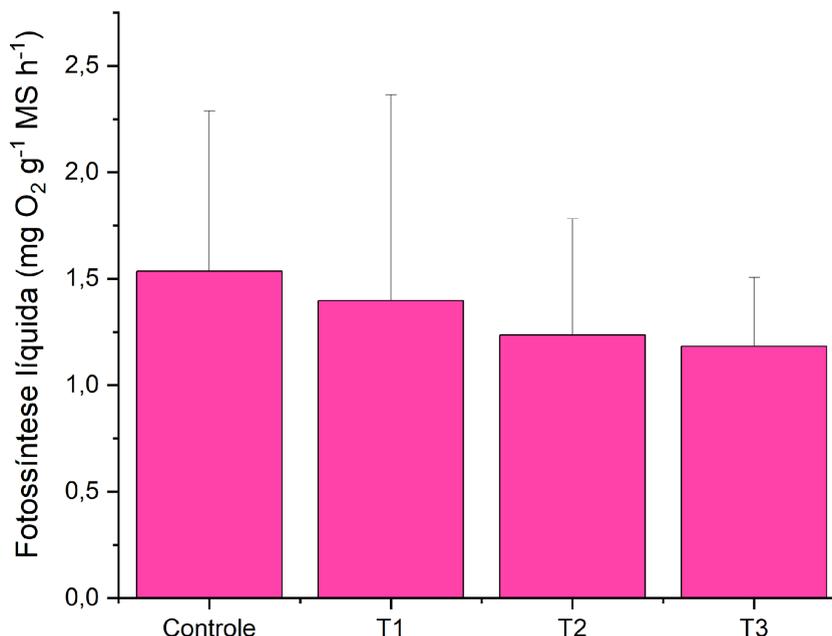


Figura 2 – Médias ( $\pm$  DP) das fotossínteses líquidas da *Egeria densa* em função dos tratamentos: Controle, T1 (5 mg L<sup>-1</sup>), T2 (15 mg L<sup>-1</sup>) e T3 (25 mg L<sup>-1</sup>).

Diversos estudos avaliaram as implicações da presença do BPA no metabolismo e desenvolvimento de macrófitas. Efeitos sobre o BPA em *Ceratophyllum demersum*, indicaram que o crescimento foi inibido, e o conteúdo de clorofila diminuiu visivelmente em concentrações acima de 20 mg L<sup>-1</sup>; além de induziram ao estresse oxidativo, como evidenciado pelo aumento das atividades da superóxido dismutase, catalase, peroxidase e malondialdeído (YU et al., 2024). O efeito do BPA em *Vallisneria natans* (0,01, 0,1 e 1 L<sup>-1</sup>) mostrou que, embora o BPA inibisse o alongamento das folhas, houve um aumento no número de folhas e rametes. No entanto, a biomassa total não foi alterada significativamente após a exposição ao BPA, indicando que o contaminante não causou efeitos tóxicos diretos no crescimento. Foi observado dimorfismo sexual no número de rametes, com menos rametes alocados por indivíduos fêmeas. A taxa de germinação das sementes foi significativamente inibida na maior concentração de BPA, sugerindo impactos negativos na reprodução da planta (HAN et al., 2023). O BPA reduziu o número total e a área das frondes de

*Lemna minor*. No entanto, nenhuma alteração foi registrada no número de raízes, embora o comprimento das raízes tenha sido significativamente reduzido pela presença de BPA, que também diminuiu o conteúdo de pigmentos fotossintéticos (BOURGEADE et al., 2021).

## CONCLUSÕES

Nas concentrações de BPA testadas não houve diferença entre os tratamentos, apesar da média da fotossíntese líquida nos tratamentos T2 e T3 terem sido 30% e 18% menor que o Controle. As taxas fotossintéticas de *Egeria densa* na menor concentração de BPA apresentaram as maiores variabilidades nas taxas fotossintéticas, sendo estimulados pela presença do contaminante.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Programa de Iniciação Científica e Tecnológica (CoPICT) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pela concessão da bolsa de IC/PIBIC (Edital PROPQ 001/2024).

## REFERÊNCIAS

AZIZ, A.; YUSOP, M. F. M.; AHMAD, M. Removal of bisphenol S from aqueous solution using activated carbon derived from rambutan peel via microwave irradiation technique. **Sains Malaysiana**, v. 51, n. 12, p. 3967-3980, 2022.

BOURGEADE, P. et al. Crescimento, alterações de pigmento e atividade do fotossistema II na macrófita aquática *Lemna minor* exposta ao bisphenol A. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 68671–68678, 2021.

CHAVES, J. R. et al. Microplásticos no ambiente: carreadores de outros contaminantes emergentes. In: XXV SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Sergipe, 2023. p. 1-10. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0593-1-20230612-132633.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2024.

COLE, M. et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 2588-2597, 2011.

DHIR, B.; SHARMILA, P.; SARADHI, P. P. Potential of aquatic macrophytes for

removing contaminants from the environment. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 39, n. 9, p. 754-781, 2009.

GUI, Y. et al. Toxicological effects of bisphenol F on growth, antioxidant response, ultrastructure, and microbial properties of the submerged macrophyte *Ceratophyllum demersum* L. **Science of The Total Environment**, v. 957, p. 177481, 2024.

HAN, H. et al. Impacts of bisphenol A on growth and reproductive traits of submerged macrophyte *Vallisneria natans*. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 30, n. 16, p. 46383-46393, 2023.

HEGEL, C.; MELO, E. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água dos arroios da RPPN Maragato. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, p. 673-693, 2016.

LITTLER, M. M.; ARNOLD, K. E. Electrodes and chemicals. In: LITTLER, M. M.; LITTLER, D. S. (Org.). Handbook of Phycological Methods: Ecological Field Methods: Macroalgae. p. 349-375, 1985.

REHSE, S.; KLOAS, W.; ZARFL, C. Microplastics reduce short-term effects of environmental contaminants. Part I: Effects of bisphenol A on freshwater zooplankton are lower in the presence of polyamide particles. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 2, p. 280, 2018.

PEZZATO, M. M. et al. *Egeria najas* Planchon (Hydrocharitaceae) responses to abiotic short-term environmental changes. *Hydrobiologia*, v. 851, n. 14, p. 3307-3322, 2024.

PRIYA, A. K. et al. A study on managing plastic waste to tackle the worldwide plastic contamination and environmental remediation. **Chemosphere**, v. 341, p. 139979, 2023.

RAJU, M.; GANDHIMATHI, R.; NIDHEESH, P. V. The cause, fate and effect of microplastics in freshwater ecosystem: Ways to overcome the challenge. **Journal of Water Process Engineering**, v. 55, p. 104199, 2023.

THOMAZ, S. Ecosystem services provided by freshwater macrophytes. **Hydrobiologia**, v. 850, p. 2757-2777, 2023.

VENERAL, C. et al. From macro to micro: Plastic as an environmental problem. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 20, p. 100906, 2023.