

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS NO DESENVOLVIMENTO DE *Pistia stratiotes* E *Salvinia auriculata* Aubl.

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS ON THE DEVELOPMENT OF *Pistia stratiotes* AND *Salvinia auriculata* Aubl.

¹ROCHA, Maria Clara Cazaroto da; ²F OGAR, Lucas de Oliveira;
³ROCHA, Nicole Gabriele Bitencourt da; ⁴GOUVEIA, Aline Mendes de Sousa

^{1,2,3,4} Departamento de Ciências Biológicas – Centro Universitário das
Faculdades Integradas de Ourinhos – UNIFIO/FEMM

RESUMO

As macrófitas aquáticas desempenham um papel essencial nos ecossistemas aquáticos, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, conservação da biodiversidade e proteção das margens. No entanto, algumas espécies, como *Pistia stratiotes* (alface-d'água) e *Salvinia auriculata* (salvinia), podem se tornar invasoras em ambientes eutrofizados, impactando negativamente a biodiversidade local. Este estudo investiga a influência dos diferentes ambientes no desenvolvimento das macrófitas. Três condições experimentais foram analisadas: (I) água clorificada, (II) ambiente com excesso de nutrientes e (III) exposição à luminosidade prolongada. Após um período de aclimação de aproximadamente quinze dias, as plantas foram submetidas às condições experimentais mencionadas, sendo monitoradas semanalmente quanto ao crescimento e desenvolvimento. Os resultados contribuirão para a compreensão dos fatores que influenciam a adaptação e resistência dessas espécies, fornecendo subsídios para estratégias de manejo e controle de macrófitas aquáticas em ecossistemas impactados pela poluição ou por alterações em suas condições ambientais.

Palavras-chave: macrófitas; flutuantes livres; lagos; desenvolvimento; ecossistemas.

ABSTRACT

Aquatic macrophytes play an essential role in aquatic ecosystems, contributing to nutrient cycling, biodiversity conservation, and shoreline protection. However, some species, such as *Pistia stratiotes* (water lettuce) and *Salvinia auriculata* (salvinia), can become invasive in eutrophic environments, negatively impacting local biodiversity. This study investigates the influence of different environmental conditions on the development of aquatic macrophytes. Three experimental conditions were analyzed: (I) chlorinated water, (II) a nutrient-enriched environment, and (III) prolonged light exposure. After an acclimation period of approximately fifteen days, the plants were subjected to the mentioned experimental conditions and monitored weekly for growth and development. The results will contribute to understanding the factors that influence the adaptation and resistance of these species, providing insights for management and control strategies of aquatic macrophytes in ecosystems affected by pollution or altered environmental conditions.

Keywords: macrophytes; free-floating; lakes; development; ecosystems.

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são espécies vegetais cujas partes fotossintetizantes permanecem total ou parcialmente submersas ou flutuantes (Cook, 1974; Esteves; Camargo, 1986; Irgang; Gastal, 1996; Coelho Neto *et al.*, 2022). Elas ocorrem em ecossistemas lóticos

e lênticos, como rios, lagos, brejos e pântanos, desempenhando papel essencial no equilíbrio ecológico.

Essas plantas contribuem para a ciclagem de nutrientes, conservação da biodiversidade, retenção de poluentes e proteção das margens (Agostinho *et al.*, 2007; Esteves, 2011; Medeiros, 2024). Além disso, são componentes-chave nos processos biogeoquímicos do ecossistema aquático, influenciando a ciclagem de matéria e energia (Kazajian *et al.*, 2018; Onandia *et al.*, 2018; Medeiros, 2024). Em ambientes rasos, como as planícies de inundação, apresentam elevadas taxas de produção primária e ampla distribuição (Neiff, 1986).

A diversidade das plantas aquáticas inclui macroalgas, briófitas, pteridófitas e angiospermas, além de algas filamentosas que formam tapetes extensos, como as cianobactérias (Medeiros, 2024). Para facilitar seu estudo, Esteves (1988) propôs uma classificação amplamente reconhecida, que agrupa as macrófitas aquáticas em seis categorias principais, com base no biótipo e no grau de adaptação ao meio aquático: macrófitas emersas, com folhas flutuantes, submersas enraizadas, submersas livres e flutuantes (Brix, 1994; Carpenter; Lodge, 1986; Sultan, 2000; Weiner, 2004, Sullivan *et al.*, 2011; Medeiros, 2024).

Neste estudo, serão analisadas as espécies *Pistia stratiotes* L. (alface-d'água) e *Salvinia auriculata* Aubl. (salvinia), classificadas como macrófitas aquáticas flutuantes livres (Pedralli, 1990; Esteves, 1998; Xavier *et al.*, 2021). Elas tendem a dominar ambientes eutróficos e de baixa correnteza, formando grandes infestações devido à alta capacidade reprodutiva e plasticidade, o que pode causar desequilíbrios ecológicos (Chen *et al.*, 2012; Medeiros, 2024).

A infestação de macrófitas aquáticas pode levar à dominação da paisagem e à redução da biodiversidade, comprometendo funções ecossistêmicas (Medeiros, 2024). Assim, o estudo de seu desenvolvimento é essencial para compreender sua adaptação a diferentes condições ambientais e subsidiar estratégias de manejo e conservação. Este trabalho investiga a influência de distintos ambientes no crescimento de macrófitas aquáticas, contribuindo para o controle de espécies invasoras e o uso sustentável dessas plantas como bioindicadores.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo analisou diferentes condições ambientais para observar o crescimento e desenvolvimento de macrófitas aquáticas, com ênfase nas espécies *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia auriculata* Aubl. Para tanto, foram testadas três situações experimentais: (I) água clorificada, (II) ambiente com excesso de nutrientes e (III) exposição à luminosidade prolongada, além de um grupo controle.

As macrófitas, previamente coletadas no Lago Municipal de Ourinhos, foram submetidas a um período de aclimação de 15 dias em um tanque de 24 litros, onde foram mantidas em condições o mais semelhantes possível às do ambiente natural, ou seja, sob exposição ao sol pleno e com água isenta de cloro, a fim de minimizar o estresse fisiológico.

Após a aclimação, três indivíduos de cada espécie foram selecionados e alocados em recipientes menores, sendo que os demais indivíduos permaneceram no tanque de aclimação para futuras comparações entre o desenvolvimento dessas plantas e o das outras que foram submetidas às condições experimentais. Cada recipiente correspondeu a uma das condições ambientais previamente definidas:

- 1. Água clorificada:** as plantas foram mantidas em um recipiente com adição de cloro, sob a mesma intensidade luminosa do tanque controle e protegidas da chuva.
- 2. Exposição à luminosidade prolongada:** os exemplares foram mantidos em água desclorificada e expostos à iluminação artificial contínua por aproximadamente dez horas noturnas, utilizando lâmpadas para simular uma condição de fotoperíodo estendido.
- 3. Excesso de nutrientes:** as plantas foram mantidas em ambiente eutrofizado, preparado pela diluição de fertilizante N-P-K (15-09-12) na proporção de duas colheres de chá por litro de água.
- 4. Tanque controle:** O desenvolvimento das plantas em cada uma das condições experimentais foi comparado ao crescimento das macrófitas mantidas no tanque de aclimação, que foi considerado o grupo controle por reproduzir as condições naturais do ambiente de origem. A análise foi conduzida por meio da contabilização de folhas jovens e de folhas em período de senescência. Essa avaliação foi realizada semanalmente durante o período de 46 dias, não incluindo o período de aclimação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva revelou variações no crescimento e desenvolvimento das duas espécies avaliadas, sendo essas diferenças mais evidentes em *Salvinia auriculata* Aubl. Já *Pistia stratiotes* L., embora apresente crescimento acelerado em condições naturais, não mostrou alterações expressivas sob as condições experimentais. Diante disso, para uma melhor compreensão dos resultados obtidos, os gráficos concentram-se exclusivamente no desenvolvimento observado em *S. auriculata*, nos diferentes ambientes simulados.

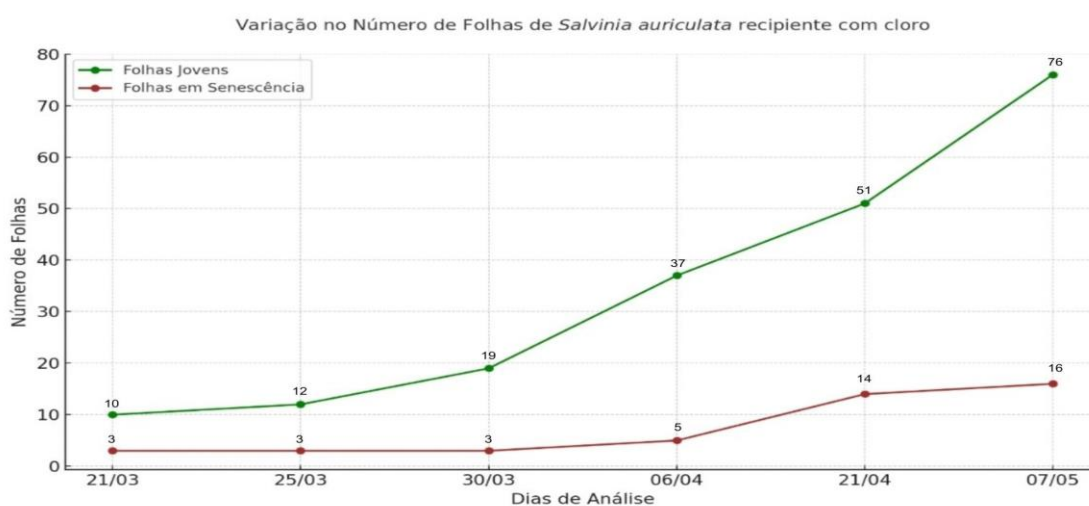
1. Ambiente com Água Clorificada:

Não se esperava um desenvolvimento expressivo das macrófitas aquáticas nesse ambiente, devido ao potencial tóxico do cloro para organismos vegetais. Hipotetizou-se que o número de folhas em senescência superaria o de folhas jovens e saudáveis.

Contudo, os dados obtidos revelaram um cenário parcialmente distinto do esperado. As plantas da espécie *Pistia stratiotes* L. (alface-d'água) apresentaram sinais de estresse fisiológico, evidenciados pelo amarelecimento e manchas necróticas nas bordas das folhas, sintomas compatíveis com toxicidade por cloro.

Por outro lado, *Salvinia auriculata* Aubl. demonstrou uma notável capacidade de adaptação às condições adversas. Essa espécie surpreendeu, não apenas sobreviver, mas também prosperar nesse ambiente, apresentando um total de 69 folhas novas ao longo do experimento. Esse resultado sugere uma maior tolerância da *S. auriculata* à presença de cloro em comparação à *P. stratiotes*, o que pode estar relacionado a mecanismos fisiológicos específicos de resistência ou adaptação ao estresse químico (Figura 1).

Figura 1 - Gráfico do desenvolvimento da espécie *Salvinia auriculata* no recipiente de água com cloro.



2. Ambiente com a Exposição a Luminosidade Prolongada

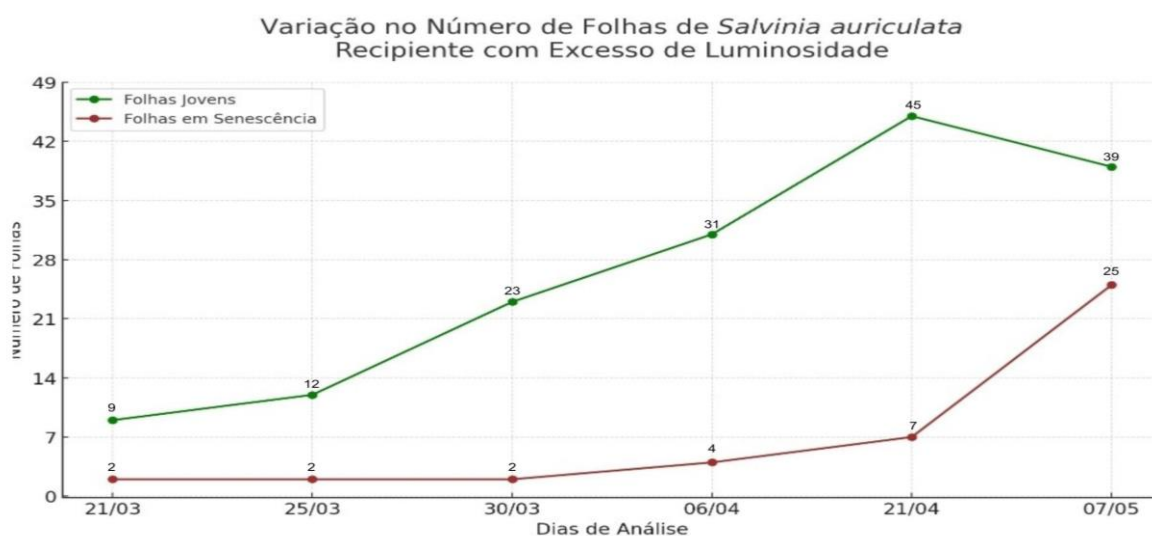
O ambiente é amplamente reconhecido que a exposição prolongada à luminosidade, mesmo quando proveniente de fontes artificiais, pode impactar o metabolismo vegetal, uma vez que a luz estimula continuamente a atividade fotossintética. Em plantas terrestres, esse tipo de exposição excessiva costuma resultar em estiolamento. Entretanto, os efeitos dessa condição sobre plantas aquáticas ainda são pouco documentados.

Durante o período experimental, observou-se que os indivíduos de *Pistia stratiotes* não apresentaram crescimento significativo. Além disso, suas folhas passaram a exibir coloração amarelada e, em alguns casos, perda de flutuabilidade. Algumas folhas também perderam sua pigmentação natural, adquirindo um aspecto semitranslúcido, possivelmente indicativo de degradação celular associada ao estresse luminoso.

Em contrapartida, *Salvinia auriculata* respondeu inicialmente com crescimento acelerado, caracterizado por intensa produção de folhas jovens. Ao longo de 31 dias, a espécie apresentou um total de 36 novas folhas, evidenciando estímulo inicial da fotossíntese. No entanto, nos últimos 15 dias do experimento, observou-se uma redução na emissão de folhas novas e um aumento expressivo no número de folhas em processo de senescência (figura 2).

Esse padrão sugere que, embora a exposição prolongada à luz possa, em um primeiro momento, favorecer o crescimento vegetativo, o excesso luminoso contínuo tende a induzir desequilíbrios fisiológicos, que podem levar à estagnação do desenvolvimento da planta e posteriormente ao início de processos degenerativos nos tecidos vegetais.

Figura 2 - Gráfico do desenvolvimento da espécie *Salvinia auriculata* no recipiente com Exposição excessiva a luminosidade.



3. Ambiente com Excesso de Nutrientes:

Embora algumas espécies de macrófitas aquáticas apresentem elevada capacidade de proliferação em ambientes eutrofizados, as duas espécies analisadas neste estudo não demonstraram desenvolvimento satisfatório sob essas condições. Para esta etapa do experimento, foram realizados dois ensaios distintos.

No primeiro experimento, indivíduos de *P. stratiotes* e *S. auriculata* foram alocados simultaneamente em um mesmo recipiente contendo água enriquecida com fertilizante N-P-K (15-09-12). Já no segundo dia de exposição, ambas as espécies apresentaram sinais de estresse fisiológico. A *Pistia stratiotes* exibiu sintomas evidentes de senescência, com murchamento foliar acentuado, perda total das raízes e posterior morte completa dos indivíduos. As plantas de *Salvinia auriculata*, embora também tenham apresentado sinais imediatos de senescência, surpreenderam com o surgimento de duas novas folhas (figura 3).

Este fato motivou a realização de um segundo experimento, utilizando um novo recipiente contendo apenas exemplares de *S. auriculata*.

No segundo ensaio, os indivíduos de *Salvinia auriculata* também demonstraram sinais iniciais de estresse, como escurecimento e murchamento progressivo das folhas. Apesar disso, foi registrado o surgimento de algumas folhas novas ao longo do experimento, o que indicava uma possível tentativa de adaptação às condições eutrofizadas. No entanto, nas últimas semanas, o desenvolvimento das plantas tornou-se praticamente nulo. O número de folhas senescentes aumentou significativamente, várias delas perderam a flutuabilidade, e foi possível observar o surgimento de fungos sobre as folhas remanescentes que se mantiveram na superfície da água (figura 4).

Esses resultados indicam que ambas as espécies apresentaram baixa tolerância ao excesso de nutrientes promovido pela adição de fertilizante. Ainda que *S. auriculata* tenha demonstrado certa resistência inicial, seu desenvolvimento não foi sustentável ao longo do tempo, sugerindo que o ambiente eutrofizado gerou um desequilíbrio fisiológico irreversível. A presença de fungos e a perda de flutuabilidade também reforçam o comprometimento da integridade estrutural e funcional das plantas nesse tipo de ambiente.

Figura 3 - Gráfico do desenvolvimento da espécie *Salvinia auriculata* no recipiente com Excesso de Nutrientes (experimento 1).

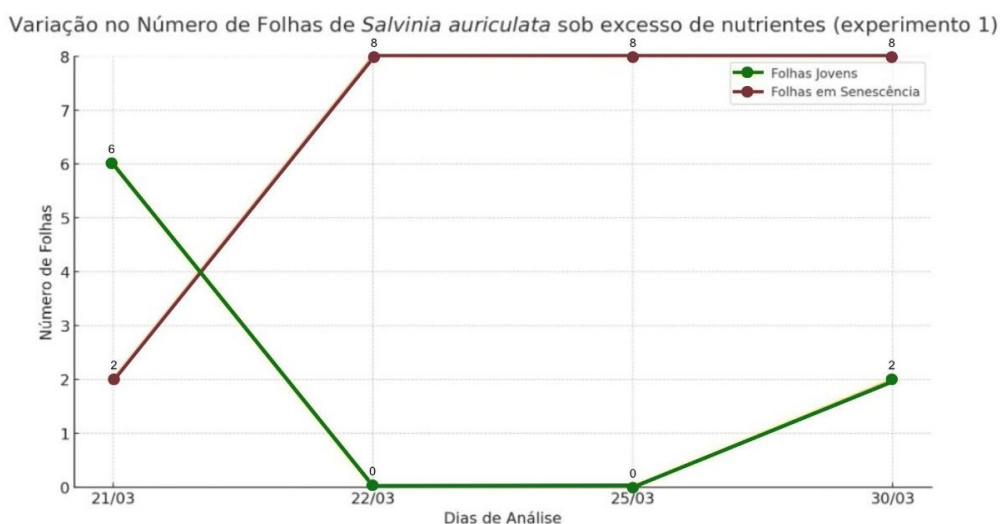
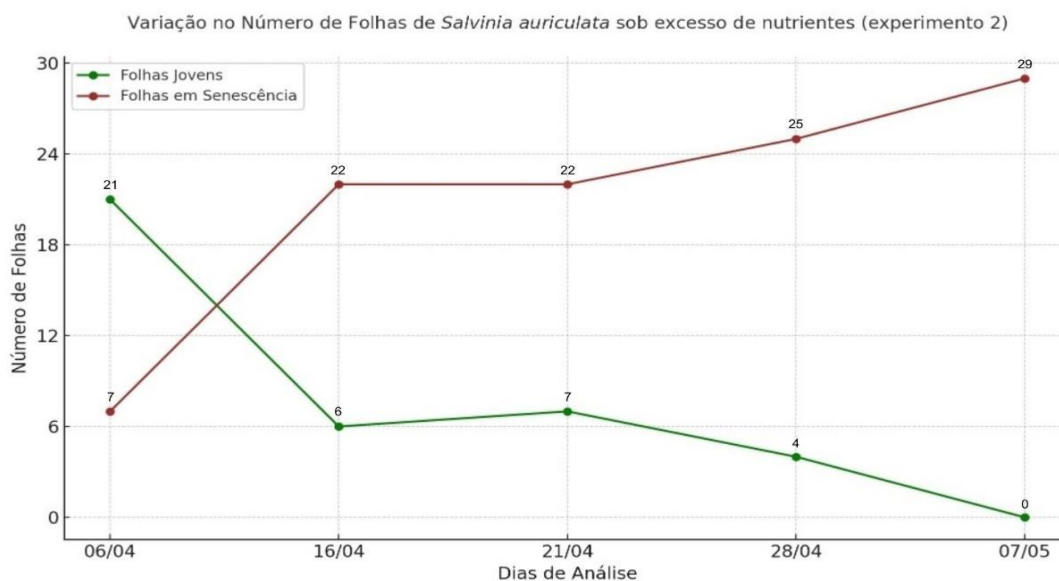


Figura 4 - Gráfico do desenvolvimento da espécie *Salvinia auriculata* no recipiente com Excesso de Nutrientes (experimento 2).



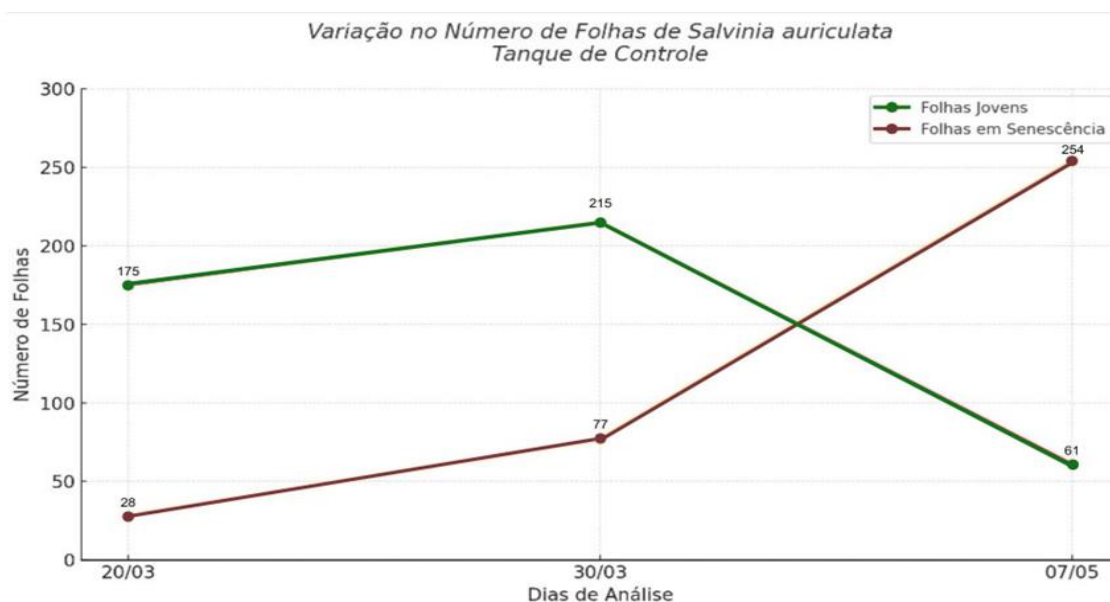
5. Tanque de Controle:

Ao longo do experimento, observou-se que o tanque de controle apresentou características semelhantes ao ambiente natural de origem das espécies estudadas. Durante o período de aclimação das plantas (15 dias), já foi possível notar o início do desenvolvimento delas, com destaque para *Salvinia auriculata*, que apresentou a emissão de novas folhas (figura 5). Nesse mesmo intervalo, também foi registrado o surgimento de um novo broto em um dos indivíduos de *Pistia stratiotes*.

Com o avanço do experimento, *S. auriculata* manteve um desenvolvimento contínuo, enquanto *P. stratiotes* demonstrou um crescimento menos expressivo, apresentando sinais de estresse, como o amarelamento de algumas folhas. Um aspecto notável ao longo do experimento foi a recorrente presença de macro invertebrados no tanque de controle, incluindo aranhas, larvas de Odonata, entre outros grupos, sugerindo uma colonização espontânea e a complexificação do micro ecossistema.

Em determinado momento, devido ao processo natural de senescência das folhas, o tanque passou por um processo de eutrofização, intensificando a degradação da matéria orgânica. Esse fenômeno resultou em uma aceleração do processo de senescência, especialmente nos indivíduos de *Pistia stratiotes*.

Figura 5 - Gráfico do desenvolvimento da espécie *Salvinia auriculata* no Tanque de Controle.



CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a influência das condições ambientais sobre o desenvolvimento de macrófitas aquáticas, principalmente no que diz respeito à senescência e à produção de novas folhas. Dentre as duas espécies analisadas, *Salvinia auriculata* destacou-se por sua maior resiliência e adaptabilidade a ambientes considerados inadequados para plantas, especialmente as aquáticas. Essa capacidade de tolerância pode estar relacionada a mecanismos fisiológicos eficientes de resposta ao estresse, o que a torna uma espécie promissora para estudos futuros, envolvendo a tolerância e adaptação em ecossistemas aquáticos.

Em contraste, os indivíduos da espécie *Pistia stratiotes*, embora reconhecidos por seu rápido desenvolvimento em ambientes naturais, demonstraram alta sensibilidade às mudanças simuladas, sobretudo ao excesso de nutrientes e à presença de cloro, que causaram danos expressivos ao seu desenvolvimento e, em alguns casos, levaram à morte. Isso pode indicar que, apesar de seu papel ecológico relevante, essa espécie apresenta mecanismos fisiológicos menos eficientes para lidar com situações de estresse ambiental extremo.

A presença espontânea de macro invertebrados no tanque de controle ao longo de todo o experimento também revela a complexidade ecológica que pode surgir mesmo em ecossistemas artificiais, reforçando o potencial de sistemas experimentais simplificados para o estudo de interações bióticas em ambientes aquáticos.

De modo geral, este estudo reforça a importância de se considerar as adaptações e respostas fisiológicas das macrófitas aquáticas frente às alterações ambientais provocadas

por atividades humanas. Nesse contexto, embora os resultados revelem os limites de tolerância das espécies testadas — especialmente frente à eutrofização severa —, destaca-se o potencial de *S. auriculata* como espécie candidata para estudos futuros de fitorremediação, área que investiga a capacidade de plantas em descontaminar solos ou corpos d'água poluídos. Essa indicação se deve à sua resposta mais eficiente ao estresse, observada mesmo sob condições adversas. No entanto, investigações adicionais, conduzidas em ambientes naturais ou controlados com níveis moderados de poluição, são necessárias para esclarecer sua real capacidade de atuar na remoção de nutrientes e na recuperação de ecossistemas aquáticos degradados.

REFERÊNCIAS

- COELHO NETO, M. G.; SOUZA, L. L. de. Estudo preliminar da composição, riqueza e similaridade de comunidades de macrófitas aquáticas (Tonantins, Amazonas). **Holos Environment**, v. 22, n. 1, p. 65-77, 2022.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- MEDEIROS, J. C. C. **Amostragem de macrófitas aquáticas flutuantes por método destrutivo com prognóstico de imageamento orbital**. 2024. 150 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.
- NEIFF, J. J.; NEIFF, M. A. Amostragem de macrófitas aquáticas flutuantes por método destrutivo com prognóstico de imageamento orbital. **Planta Daninha**, v. 4, p. 1-8, 1986.
- POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.
- XAVIER, J.; CAMPOS, M. de C. S.; RIBEIRO, S. T. M.; MOTA, H. R. (Orgs.). **Macrófitas aquáticas: caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos**. Belo Horizonte: Cemig, 2021.