



Plantas aquáticas e suas interações ecológicas: uma revisão sistemática

Aquatic plants and their ecological interactions: a systematic review

Antonio Augusto Ignacio*, Denise Lange[†]

RESUMO

Interações ecológicas entre macrófitas e outros organismos têm recebido maior atenção de pesquisadores nas últimas décadas, devido a utilização dessas plantas para controle biológico e restauração ou estabilização de ambientes aquáticos. O presente estudo teve como objetivo fazer uma revisão sistemática de artigos que abordam interações macrófitas-outros organismos verificando a variação temporal e espacial das publicações e os táxons envolvidos na interação. Utilizando as palavras "(aquatic OU aquatics, plant OU plants) e (interaction OU interactions) foi feito a busca por artigos científicos publicados em periódicos indexados ao Web of Science, Scopus e SciELO entre 1945 e 2020. A busca resultou em 2.047 artigos, e posteriormente a 184 artigos com enfoque específico em interações ecológicas. Verificou-se que a quantidade de artigos vem aumentando ao longo das décadas, sendo 2010-2019 o período com maior quantidade de artigos publicados (55,38%). Os estudos foram realizados em 24 países, sendo os EUA com a maior porcentagem (25,26%). O Brasil contribuiu com 8,15% das publicações, atrás da China e dos EUA. O táxon mais abordado nas interações foi Animalia, destacando Arthropoda como o filo com mais publicações. Os resultados demonstram um aumento nos estudos envolvendo interações com plantas aquáticas, principalmente em países com extensa hidrografia.

Palavras-chave: ambientes aquáticos, ecologia de comunidades, interações intraespecíficas, macrófitas.

ABSTRACT

Ecological interactions between macrophytes and other organisms have received greater attention from researchers in recent decades, due to the use of these plants for biological control and restoration or stabilization of aquatic environments. This study aimed to perform a systematic review of articles that address macrophyte-other organisms' interactions, verifying the temporal and spatial variation of publications and the taxa involved in the interactions. Using the words "(aquatic OR aquatics, plant OR plants) and (interaction OR interactions) a search was made for scientific articles published in journals indexed to Web of Science, Scopus and SciELO between 1945 and 2020. The search resulted in 2,047 articles, and later to 184 articles with a specific focus on ecological interactions. The number of articles has increased over the decades, being 2010-2019 the period with the highest number of articles published (55.38%). The studies were carried out in 24 countries; USA had the highest percentage (25.26%). Brazil contributed with 8.15% of publications, behind China and USA. The most present taxon in interactions was Animalia, highlighting Arthropoda as the phylum with the most publications. The results demonstrate an increase in studies involving interactions with aquatic plants, especially in countries with extensive hydrography.

Keywords: aquatic environments, community ecology, intraspecific interactions, macrophytes.

* Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Santa Helena, Paraná, Brasil; ignacio@alunos.utfpr.edu.br

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Santa Helena, Paraná, Brasil; deniselange@utfpr.edu.br
<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2021>



1 INTRODUÇÃO

As interações ecológicas são fundamentais para a estruturação de comunidades naturais (THOMPSON, 2013), em especial aquelas envolvendo plantas, que são a base de cadeias tróficas e responsáveis pela manutenção da biodiversidade (GARDNER et al., 2008). Em ambientes aquáticos de água doce, as plantas são um dos principais componentes, aumentando os padrões de biodiversidade, especialmente a riqueza de espécies e a composição das comunidades que com elas interagem direta ou indiretamente (KOVALENKO et al., 2012).

As plantas aquáticas realizam diversos tipos de interações com outros grupos de organismos, como insetos, moluscos bivalves e gastrópodes, crustáceos, oligoquetos, bactérias, protozoários, algas e peixes (AGOSTINHO et al., 2003; THOMAZ; CUNHA, 2010; THOMAZ et al., 2015). Elas podem servir como substratos para colonização, refúgio e berçário para alguns organismos aquáticos, pois sua porção submersa forma áreas mais oxigenadas devido aos aerênquimas presentes nas raízes (LARCHER; PRADO, 2000; THOMAZ et al., 2015). Elas são fontes diretas de alimentos para herbívoros e indireta para filtradores (CALLISTO et al., 2005a; CALLISTO et al., 2005b) e podem maximizar a quantidade e tipos de interações ecológicas em seus ambientes, tornando esses ecossistemas mais complexos, contribuindo para o aumento da diversidade biológica (AGOSTINHO et al., 2003; THOMAZ; CUNHA, 2010; THOMAZ et al., 2015).

Nos últimos anos, vários estudos de revisão na literatura têm sido realizados para medir e mapear as atividades científicas e tecnológicas, visando o acompanhando do desenvolvimento da ciência e identificando lacunas e perspectivas (VERBEEK, 2002). Entretanto, é consenso que ainda há muito a ser descoberto sobre interações ecológicas envolvendo plantas aquáticas e outros organismos, principalmente para reconhecer lacunas e para sintetizar informações. Portanto, este estudo apresenta uma revisão sistemática para quantificar contribuições de artigos científicos no conhecimento das interações envolvendo plantas aquáticas de água doce. Especificamente, foram abordadas duas questões sobre plantas aquáticas e suas interações ecológicas: (1) Qual é a distribuição temporal e espacial das publicações? (2) Em qual grupo de organismos a interação foi estabelecida?

2 MÉTODO

A busca dos artigos científicos foi realizada abrangendo todo o conteúdo presente nas bases de dados ISI Web of Science (WoS) coleção principal, Scopus e SciELO entre os anos de 1945 e 2020. Foi selecionada a combinação nos campos do título, resumo, palavras-chaves e no corpo do texto utilizando-se os seguintes termos: “(aquatic OU aquatics, plant OU plants) e (interaction OU interactions)” em TÓPICO, DocType = Artigos, Idioma = Todos os idiomas. Não foi utilizado filtros adicionais para refinar a pesquisa. Após a busca utilizando as palavras supracitadas, foi feita uma triagem e foram selecionados apenas artigos abordando interações diretas e indiretas envolvendo plantas aquáticas e outros organismos. Posteriormente, foi realizada a coleta de dados com base nos objetivos deste estudo.

3 RESULTADOS

Foram encontrados 2.047 artigos, sendo 1.550 na Web of Science, 477 na Scopus e 20 na Scielo. Este montante foi reduzido para 226 artigos com enfoque em interações diretas e indiretas envolvendo plantas

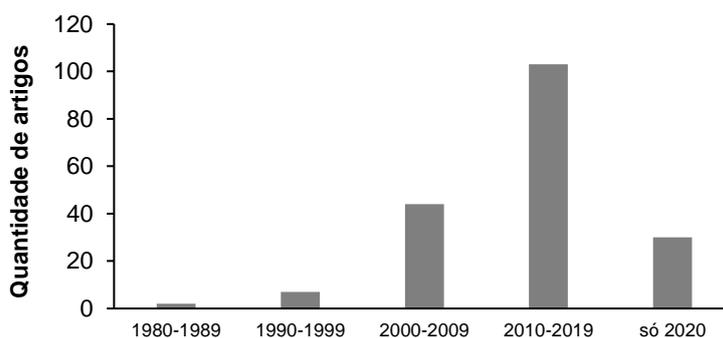


aquáticas e outros organismos. Foram encontrados 30 artigos repetidos entre as bases, os quais foram retirados deixando apenas um exemplar. Após uma revisão dos artigos selecionados, foram removidos 12 estudos, dentre eles revisões, impactos do ambiente sobre comunidades de plantas ou interações envolvendo outros organismos, exceto plantas aquáticas. Assim, para as coletas de informações, foram utilizados no total 184 artigos.

Foi evidenciado que a quantidade de artigos publicados abordando interações plantas aquáticas-outros organismos vêm aumentando ao longo das décadas (Figura 1), sendo que o período com maior quantidade de artigos publicados foi a década de 2010, contendo 55,38% do total dos artigos encontrados. Entretanto, apenas no ano de 2020 foram publicados 30 artigos, correspondendo a 16,13%, demonstrando uma tendência de aumento nas publicações ao longo dos anos.

Do total de artigos encontrados, 25,26% (47 artigos) foram provenientes de estudos realizados nos EUA. Croácia, Dinamarca, Hungria, Indonésia, Lituânia, Polônia, Reino Unido, República Tcheca, Suécia e Ucrânia publicaram apenas um artigo cada, seguindo por Coréia, Espanha, Irlanda, Malaysia, México, Nova Zelândia, Portugal, e Tailândia que publicaram dois e Bélgica, Itália e Uruguai que publicaram três. O Brasil contribuiu com 8,15% das publicações sobre o tema (15 artigos), ficando atrás apenas da China e dos EUA.

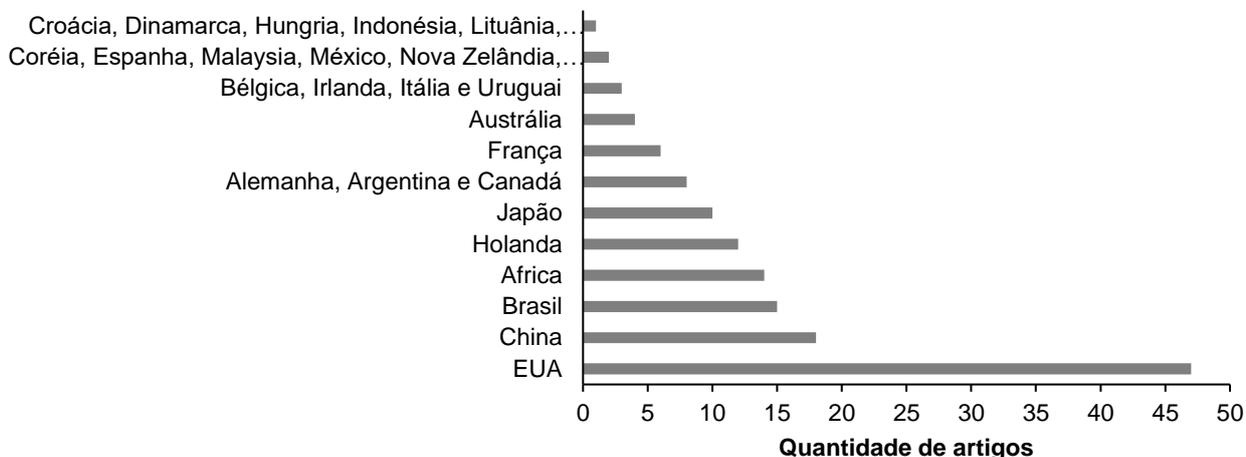
Figura 1. Distribuição da quantidade de artigos publicados abordando interações plantas aquáticas-outros organismos ao longo do tempo.



Fonte: Autoria própria (2021).



Figura 2. Distribuição da quantidade de artigos publicados abordando interações plantas aquáticas-outros organismos entre os países.



Fonte: Autoria própria (2021).

O grupo de organismos mais abordado nos artigos estabelecendo interações ecológicas com plantas aquáticas foi Animalia, sendo Arthropoda o filo com mais publicações (Tabela 1), onde alguns artigos abordam mais de um filo, ordem ou classe. Plantas e microrganismos também foram abordados nos artigos estabelecendo interações com plantas aquáticas, entretanto, em quantidades bem menores que Animalia (Tabela 2 e 3). Dentre os Animalia, os vertebrados também foram foco de estudos sobre interações com plantas aquáticas. Nesses estudos, as interações foram as mais diversas entre todos os grupos.

Os artigos de interações entre plantas aquáticas e microrganismos apresentaram em sua grande parte experimentos de biocontrole contra macrófitas invasoras, seguido por estudos de população microbiana presentes nas plantas aquáticas e alguns casos de interações por substâncias alelopáticas, aleloquímicas ou produtos secundários produzidos através do co-cultivo entre os dois organismos.

Tabela 1 - Quantidade de artigos abordando interações ecológicas entre plantas aquáticas e grupos dentro do reino Animalia (Metazoa).

| Grupos | Filos | Classes | Quantidade de artigos |
|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Invertebrados | Annelida | Clitellata | 1 |
| | Arthropoda | Arachnida, Insecta, | 108 |
| | | Branchiopoda, Malacostraca, | |
| | | Maxillopoda, Ostracoda, | |
| | | Monogononta | |
| | Mollusca | Gastropoda, Bivalvia | 20 |
| | Nematoda | | 1 |
| Táxons não mencionados | | 7 | |
| Vertebrados | Chordata | Actinopterygii, Amphibia, | 42 |
| | | Aves, Mammalia, Tetrapoda, | |
| | | Reptilia | |
| Zooplâncton | Táxons não mencionados | | 10 |
| Perifíton | Táxons não mencionados | | 2 |

Fonte: Autoria própria (2021).



Tabela 2 - Quantidade de artigos abordando interações ecológicas entre plantas aquáticas e grupos dentro do reino Plantae.

| Grupos | Ordem | Família | Quantidade de Artigos |
|---------------------------------|--------------|---|-----------------------|
| Outras plantas aquáticas | Alismatales | Araceae, Butomaceae, Hydrocharitaceae, Potamogetonaceae | 8 |
| | Asterales | Asteraceae | 2 |
| | Commelinales | Pontederiaceae | 1 |
| | Lamiales | Plantaginaceae | 1 |
| | Myrtales | Onagraceae | 1 |
| | Poales | Poaceae | 5 |
| | Umbellales | Apiaceae | 1 |

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 3 - Quantidade de artigos abordando interações ecológicas entre plantas aquáticas e grupos de microrganismos.

| Grupo | Filo | Classe | Quantidade de Artigos |
|-----------------------|-----------------|---|-----------------------|
| Microrganismos | Actinobacteria | Actinobacteria | 3 |
| | Ascomycota | Dothideomycetes, Leotiomyces, Flavobacteria | 3 |
| | Charophyta | Zygnematophyceae | 1 |
| | Chloroflexi | Anarolineae | 1 |
| | Chlorophyta | Chlorophyceae, Cryptophyceae, Trebouxiophyceae | 8 |
| | Cyanobacteria | Cyanophyceae | 11 |
| | Euglenozoa | Euglenophyceae | 1 |
| | Firmicutes | Bacilli | 5 |
| | Glomeromycota | Glomeromycetes | 1 |
| | Planctomycetes | Planctomycetia | 1 |
| | Proteobacteria | Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Deltaproteobacteria, Gammaproteobacteria | 11 |
| | Verrucomicrobia | Verrucomicrobiae | 1 |

Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nessa revisão demonstram uma tendência de aumento nos estudos envolvendo interações entre plantas aquáticas e outros organismos. Países com maior investimento em pesquisas e de clima temperado, como é o caso dos EUA e China tiveram os maiores números de publicações. Somado ao Brasil, esses países também apresentam grande malha hidrográfica, com grandes territórios e represas hidrelétricas, direcionando os estudos para esses locais. Com relação ao grupo taxonômico envolvido nas interações com



plantas aquáticas, Arthropoda foi o mais representativo, entretanto, estudos sobre a interação com os mais diversos organismos têm sido verificado, seja envolvendo interações benéficas ou maléficas para as plantas.

Esses resultados contribuem para o entendimento do atual panorama dos estudos sobre interações ecológicas envolvendo plantas aquáticas indicando os avanços e as lacunas a serem preenchidas nessa área do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha professora e orientadora Dra. Denise Lange, pela oportunidade, confiança e por toda a aprendizagem e conhecimento proporcionado. Agradeço também a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela concessão da bolsa de Iniciação Científica, pela oportunidade de fazer parte deste projeto e aprimorar meus conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Antonio Angelo; GOMES, Luiz Carlos; JULIO, Horácio. Ferreira Junior. **Relações entre macrófitas e fauna de peixes**. In: THOMAZ, Sidinei Mmagela; BINI, Luis Mauricio (Ed.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM. p. 261-279. 2003.
- CALLISTO, M.; GOULART, M.; BARBOSA, F. A. R.; ROCHA, O. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river (northeastern Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 2, p. 229-240, 2005.
- CALLISTO, M.; MEDERIOS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 743-755, 2005.
- GARDNER, R. H.; ENGELHARDT, K. A. M. Spatial processes that maintain biodiversity in plant communities. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, n. 3-4, p. 211-228, 2008.
- KOVALENKO, K. E.; THOMAZ, S. M.; WARFE, D. M. Habitat complexity: approaches and future directions. **Hydrobiologia**, v. 685, n. 1, p. 1-17, 2012.
- LARCHER, W.; DE ASSIS PRADO, C. H. B. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RiMa Artes e textos, 2000.
- THOMAZ, S. M. et al. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 617-625, 2009.
- THOMAZ, S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 2, p. 218-236, 2010.
- THOMAZ, S. M.; MORMUL, R. P.; MICHELAN, T. S. Propagule pressure, invasibility of freshwater ecosystems by macrophytes and their ecological impacts: a review of tropical freshwater ecosystems. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 39-59, 2015.
- THOMAZ, S. M. et al. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater biology**, v. 53, n. 2, p. 358-367, 2008.
- THOMPSON, J. N. **Relentless evolution**. University of Chicago Press, 2013.
- VERBEEK, A. et al. Measuring progress and evolution in science and technology – I: The multiple uses of bibliometric indicators. **International Journal of management reviews**, v. 4, n. 2, p. 179-211, 2002.