

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA TOXICIDADE AGUDA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS COMERCIAIS EM ARTEMIA SALINA

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ACUTE TOXICITY OF COMMERCIAL AGRICULTURAL INPUTS ON ARTEMIA SALINA

Jordana Oliveira Silva¹
Luciana Ferreira Fonseca Rodovalho²
Leslie Ávila do Brasil Almeida³
Kátia Regina Freitas Schwan-Estrada⁴
Leonel Aroldo Estrada⁵
Walter Dias Júnior⁶

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade de diferentes fertilizantes comerciais da marca SEAGRI® sobre náuplios do microcrustáceo *Artemia salina*, amplamente utilizado como organismo-teste em bioensaios ecotoxicológicos. Foram analisados cinco tipos de produtos SEAGRI® - Pós-Emergente, Semente, Vegetativo, Reprodutivo e Solo - em seis concentrações de 100 a 3200 mg/L, com base no protocolo OECD 202 (*Daphnia sp.* Acute Immobilisation Test). O controle positivo consistiu em dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$; 0,001M) e o controle negativo em solução salina a 3,5%. Os náuplios foram expostos às soluções teste por 24 e 48 horas, e a toxicidade foi determinada por meio da taxa de mortalidade. Os resultados demonstraram 100% de mortalidade no controle positivo, confirmando a sensibilidade e a confiabilidade do ensaio. Em contrapartida, não foi observada mortalidade significativa dos náuplios expostos aos produtos, mesmo nas maiores concentrações testadas ($p > 0,05$). A leve elevação da mortalidade em concentrações de 1600 e 3200 mg/L, especialmente após 48 horas, sugere possível influência do tempo de exposição, porém sem evidências estatísticas de toxicidade aguda. Esses resultados contrastam com estudos prévios envolvendo pesticidas, nos quais valores de CL_{50} na faixa de mg/L indicam maior toxicidade, evidenciando que formulações comerciais podem apresentar maior toxicidade aguda em comparação a compostos isolados devido à toxicidade de seus adjuvantes. Assim, os produtos SEAGRI® mostraram-se de baixa toxicidade aguda, provavelmente devido à composição equilibrada e à presença de nutrientes complexados. Conclui-se que os produtos SEAGRI® testados não apresentam toxicidade significativa para *A. salina* nas condições experimentais avaliadas, sendo considerados de baixa toxicidade em condições experimentais quanto à exposição aquática aguda. O bioensaio confirmou a adequação de *A. salina* como modelo experimental eficiente, sensível e de baixo custo para triagens toxicológicas preliminares de insumos agrícolas.

Palavras-chave: Artemia. Toxicidade. Bioensaio. Ecotoxicologia.

¹ Enfermeira; Universidade Estadual de Goiás Unidade Universitária de Ceres-GO; Orientada.

² Farmacêutica Industrial; Dra. em Ciências da Saúde pela UFG; especialista em Homeopatia pelo IFHL; Coautora.

³ Médica Veterinária; Dra. em Epidemiologia Experimental pela USP; Coautora.

⁴ Engenheira Agrônoma; Dra em Fitopatologia pela ESALQ-USP; Coautora.

⁵ Engenheiro Agrônomo; MSc em Agroecologia pela UEM; especialista em homeopatia vegetal pela UEM; Coautor.

⁶ Engenheiro Agrônomo; Dr. em Fisiologia Geral pela FMRP-USP; Orientador.

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the toxicity of different commercial fertilizers from the SEAGRI® brand on nauplii of the microcrustacean *Artemia salina*, widely used as a test organism in ecotoxicological bioassays. Five types of SEAGRI® products were analyzed—Post-Emergent, Seed, Vegetative, Reproductive, and Soil—at concentrations ranging from 100 to 3200 mg/L, based on the OECD 202 protocol (*Daphnia* sp. Acute Immobilization Test). The positive control consisted of potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$; 0.001M), and the negative control was a 3.5% saline solution. The nauplii were exposed to the test solutions for 24 and 48 hours, and toxicity was determined through mortality rate. The results showed 100% mortality in the positive control, confirming the sensitivity and reliability of the assay. In contrast, no significant mortality was observed in nauplii exposed to the products, even at the highest concentrations tested ($p > 0.05$). The slight increase in mortality at concentrations of 1600 and 3200 mg/L, especially after 48 hours, suggests a possible influence of exposure time, but without statistical evidence of acute toxicity. These results contrast with previous studies involving pesticides, in which LC_{50} values in the mg/L range indicate higher toxicity, showing that commercial formulations may exhibit greater acute toxicity compared to isolated compounds due to the toxicity of their adjuvants. Thus, SEAGRI® products demonstrated low acute toxicity, probably due to their balanced composition and the presence of complexed forms of nutrients. It is concluded that the tested SEAGRI® products do not present significant toxicity to *A. salina* under the evaluated experimental conditions and are therefore considered low acute toxicity under the tested conditions regarding acute aquatic exposure. The bioassay confirmed the suitability of *A. salina* as an efficient, sensitive, and low-cost experimental model for preliminary toxicological screenings of agricultural inputs.

Keywords: *Artemia*. Toxicity. Bioassay. Ecotoxicology.

INTRODUÇÃO

A expansão da utilização de terras para agricultura e pecuária teve início no século XVIII, foi intensificada após a 2ª Guerra Mundial, e até hoje proporciona alterações na estrutura de ecossistemas do nosso planeta, transformando biomas e espécies de plantas e animais, com alterações nos ciclos biogeoquímicos principalmente do fósforo (P), do nitrogênio (N) e das águas. Parte dessas mudanças se deve ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, promovendo aumento nas concentrações basais de nutrientes como o P, como também alterações no ciclo do N, que, além das repercussões ambientais, também interferem na saúde humana (ALEXANDRE, 2009).

Adicionalmente, estudos publicados em periódicos indexados têm demonstrado que o uso intensivo de defensivos agrícolas contribui para a contaminação de solos e corpos hídricos, afetando organismos não-alvo e promovendo efeitos ecotoxicológicos cumulativos, como alterações fisiológicas e genéticas em diferentes níveis tróficos, o que reforça a preocupação com a sustentabilidade dos sistemas produtivos (STEHLER e SCHULZ, 2015; PISA et al., 2015).

Dependendo da natureza química e da concentração, substâncias lançadas no ambiente podem causar danos diversos na biota a eles expostos. Embora, na maioria dos casos, estes

compostos não são capazes de provocar efeitos agudos e imediatos, podem, por outro lado, reduzir a sobrevivência de organismos devido a lesões crônicas que se manifestam a médio e longo prazo, como desordens fisiológicas em diferentes tecidos e órgãos ou como alterações genéticas (KRÜGER, 2009).

Artemia salina é um microcrustáceo zooplânctônico marinho que mede cerca de 430µm 24 horas após a eclosão, sendo amplamente distribuído em ambientes hipersalinos de todos os continentes, exceto na Antártida. É predominante em lagos de água salgada de zonas temperadas, subtropicais e tropicais. Este organismo possui alta adaptabilidade a condições extremas, suportando salinidades de até 250g/L. Nessas condições, a ausência de predadores e a abundância de microrganismos como bactérias, protozoários e algas favorecem sua sobrevivência e evolução (NAKAMURA et al., 2024; RUPPERT et al., 1994; DHONT e SORGELOOS, 2002).

De fácil cultivo, com cistos disponíveis comercialmente, *A. salina* tem ampla aplicação como modelo em estudos toxicológicos. Seus náuplios, devido à alta sensibilidade a agentes tóxicos, são particularmente adequados para ensaios de toxicidade aguda. Esses ensaios avaliam a taxa de eclosão, mortalidade, alterações no padrão de natação, alterações morfológicas e biomarcadores. Estudos indicam que os resultados obtidos com *A. salina* apresentam correlação com dados de toxicidade em roedores, humanos e em testes de citotoxicidade, tornando este organismo uma ferramenta eficiente para avaliações preliminares (AZRA et al., 2022; CHABET DIS et al., 2024).

O teste OECD 202, intitulado "*Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test", é uma diretriz para avaliar a toxicidade aguda utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna*, amplamente empregado em estudos ecotoxicológicos devido à sua alta sensibilidade a poluentes. Inspirado nesse protocolo, o uso de *Artemia salina* em estudos ecotoxicológicos representa uma adaptação viável. Assim como a *Daphnia*, a *Artemia* pode ser utilizada para avaliar toxicidade, com parâmetros ajustados para suas características ecológicas e biológicas específicas (RIISGÅRD et al., 2015).

O uso da *Artemia salina* como modelo experimental padrão em testes de toxicidade aguda e subaguda (bioensaio de náuplios) tem sido adotado há quase 50 anos em estudos toxicológicos, aplicando-se a defensivos agrícolas, fertilizantes e contaminantes emergentes (SORGELOSS et al., 1978; NAAMANE et al., 2023). Nesse tipo de ensaio, a exposição dos náuplios às soluções

teste, permite avaliar os efeitos tóxicos dos produtos, pela análise da mortalidade de microcrustáceos no período de 24 e 48h.

Estudos recentes em ecotoxicologia aquática demonstram que defensivos agrícolas apresentam toxicidade significativa para náuplios de *Artemia salina*, com aumento da mortalidade proporcional à concentração e maior toxicidade associada a inseticidas em relação a herbicidas (DEMARCO et al., 2022). Além dos efeitos letais, foram observadas alterações morfológicas e no desenvolvimento larval em exposições subletais, indicando comprometimento fisiológico relevante.

Adicionalmente, formulações contendo múltiplos pesticidas, como clorpirifós, cipermetrina e fentiona, evidenciam efeitos ecotoxicológicos e genotóxicos potencializados, refletindo condições ambientais mais realistas (SILVA et al., 2024). Apesar dos estudos extensivos sobre princípios ativos isolados, ainda faltam informações disponíveis sobre a toxicidade aguda de formulações comerciais.

No contexto da saúde humana, compostos como organofosforados estão associados à neurotoxicidade e possíveis efeitos crônicos, ampliando a preocupação quanto ao uso intensivo desses insumos (ALBENDÍN et al., 2021). Assim, o relato acima, evidencia a necessidade de monitoramento e uso racional dos defensivos agrícolas. Além disso, revisões recentes reforçam o uso de *Artemia salina* como modelo experimental sensível e confiável para avaliação de toxicidade (SOUZA et al., 2024). Portanto, avaliar os efeitos ecotoxicológicos de formulações comerciais é essencial para representar melhor os cenários reais de exposição ambiental.

A partir desse contexto, torna-se importante o conhecimento sobre a toxicidade dos defensivos agrícolas utilizados na agricultura em vários tipos de cultivo. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar se os defensivos agrícolas da BIOAGRO® apresentam efeitos tóxicos aos náuplios de *Artemia salina* decorrentes da sua exposição.

MÉTODOS

Nesse estudo foram testados cinco tipos diferentes de defensivos agrícolas da marca BIOAGRI® (Bioboi – www.bioboi.com.br), que são usados de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, sendo eles: Pós-Emergente, Semente, Vegetativo, Reprodutivo e Solo, para exposição dos náuplios de artêmias.

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Toxicológica na Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ceres/GO.

Obtenção dos náuplios de artêmia salina

Os cistos de *Artemia salina* foram adquiridos pela doação da Empresa Artêmia salina do RN, Rio Grande do Norte/RN. Para eclosão, os cistos foram colocados em solução salina 3,5%, 0,06mg de extrato de levedura, e pH entre 8 e 9, o que já é alcançado somente com a utilização do sal marinho da marca Ocean Tech, sem necessidade de ajuste do pH. Dessa forma, obtivemos a solução salina final padronizada para eclosão e incubação dos cistos e para a diluição dos defensivos testados. A solução salina padronizada com os cistos ficou em um funil de separação (artemilheiro), continuamente aerada, iluminada com uma lâmpada fluorescente de 40W e com temperatura mantida entre 26-30°C, durante 24 horas, quando se tinha início a eclosão dos cistos.

Após a eclosão os náuplios foram agrupados devido a atração pela luz (ainda dentro do artemilheiro) e coletados com auxílio de uma pipeta de Pasteur, sendo transferidos para uma placa de petri com salina fresca (adaptado de MOLINA-SALINAS et al., 2006), para separação dos náuplios com natação mais ativa, que eram coletados para compor o teste de toxicidade.

5

Bioensaio com artêmia salina

Para o teste de toxicidade foi feita uma adaptação do recomendado por Molina-Salinas et al. (2006) e Meyer et al., (1982) e pelo Teste 202: *Daphnia sp*, Acute Immobilization Test (OECD, 2004).

Nesse teste, foi utilizada uma microplaca (Elisa) com 96 poços (400µL cada), nos quais eram colocados 400µL de solução teste, controle negativo (salina 3,5%) e controle positivo de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ - 0,001M - 0,4mg/mL). As soluções teste de defensivos agrícolas eram compostas de uma diluição de cada um dos produtos comerciais, cujas doses correspondiam ao recomendado pelo teste 202 (OECD, 2004), o qual será detalhado a seguir.

As soluções teste foram compostas por 5 defensivos agrícolas diferentes (BIOAGRI® - Bioboi) os quais são aplicados em diferentes momentos da plantação e do desenvolvimento da planta, sendo: 1) Pós-Emergente: recomendado para uma aplicação após a germinação das sementes; 2) Semente: recomendado para uma aplicação no preparo da semente; 3) Vegetativo:

recomendado em 2 aplicações, uma após 15 dias da aplicação do Pós-Emergente e outra 15 dias após a primeira aplicação; 4) Reprodutivo: recomendado para três aplicações, sendo a primeira 15 dias após a aplicação do Vegetativo, a segunda, 15 dias após a primeira aplicação e a terceira, 15 dias após a segunda aplicação; 5) Solo: recomendado para uma aplicação no preparo do solo.

As doses testadas seguiram as recomendações para triagem de dose do teste 202 da OECD (2004) e foram constituídas de 100, 200, 400, 800, 1.600 e 3.200mg/L de cada um dos cinco defensivos agrícolas, incubados em dois tempos de exposição (24 e 48h), além do controle negativo (solução salina padronizada) e do controle positivo (dicromato de potássio 0,001M), o que totalizou 62 tratamentos.

Cada tratamento foi constituído de 6 repetições (poços de uma microplaca de Elisa) com 10 náuplios cada, de acordo com o recomendado pelo Teste 202 (OECD, 2004). Após 24 e 48h de incubação em bancada do laboratório (temperatura ambiente 25 a 28°C) foi realizada a contagem do número de náuplios mortos/imóveis (OECD, 2004) para análise dos resultados.

Os resultados estão apresentados como Média $\pm$ Desvio padrão da média, e a eles foi aplicada uma análise de variância (ANOVA) seguido do Teste t com 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

6

A mortalidade de 100% observada para o controle positivo (C+) em ambos os tempos de exposição (Figura 1) estão de acordo com o encontrado por NAAMANE et al. (2023) e ALBENDIN et al. (2021). Isso confirma a sensibilidade dos náuplios de artêmias, o que os qualifica como organismos-teste adequados para testes de toxicidade.

A mortalidade dos náuplios expostos aos diferentes defensivos agrícolas também estão apresentadas na Figura 1. É possível notar que os defensivos não promoveram a mortalidade dos microcrustáceos, mesmo em doses elevadas. A baixa mortalidade observada para as doses de 1600 e 3200 para os defensivos Pós-Emergente, Vegetativo, Reprodutivo e Solo, mais evidente para 48h, não significa que é efeito dos defensivos ($p > 0,05$).

Porém, as maiores doses sugerem uma possível influência do tempo de exposição. No entanto, os resultados indicam que, mesmo em concentrações elevadas e com 48h de exposição, os defensivos testados apresentaram baixa toxicidade aguda para os náuplios de artêmia.

Estudos recentes em ecotoxicologia aquática demonstram que defensivos agrícolas apresentam toxicidade significativa para náuplios de artêmias, com variação nos valores de

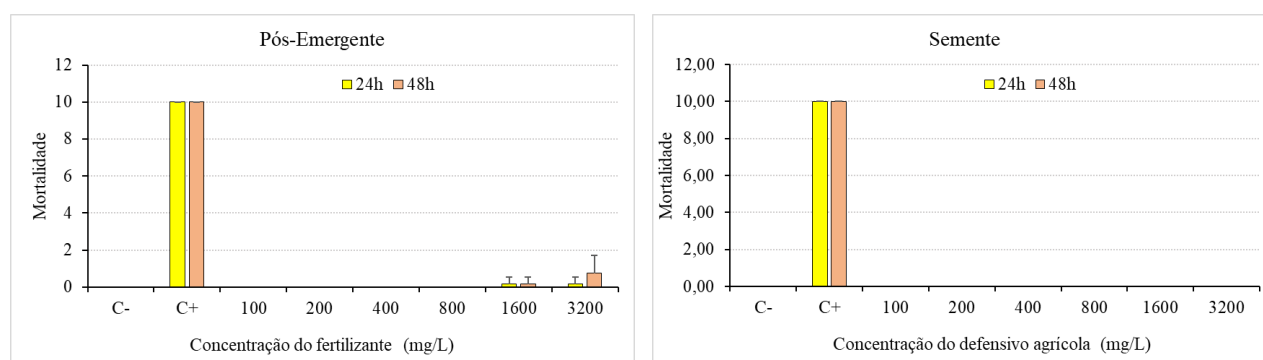
concentração letal média (CL_{50}) em função do composto e da formulação utilizada. Para o herbicida glifosato, valores de CL_{50} (48 h) variam de aproximadamente 51,25 mg/L para o princípio ativo a 14,19 mg/L para formulações comerciais, evidenciando maior toxicidade destas últimas devido à toxicidade dos adjuvantes. Em alguns casos, valores ainda mais baixos ($\approx 0,8$ mg/L) foram reportados, indicando elevada sensibilidade do organismo em determinadas condições experimentais (DEMARCO et al., 2022; ALBBENDÍN et al., 2021).

Os resultados de Demarco et al., 2022 e Albbendín et al., 2021 demonstram que, mesmo em concentrações relativamente baixas (dezenas de mg/L), os defensivos agrícolas são capazes de provocar mortalidade significativa, comportamento semelhante ao observado para fertilizantes em estudos semelhantes.

Além da mortalidade, exposições subletais a pesticidas, como neonicotinoides como o imidacloprido, estão associadas a alterações fisiológicas e comportamentais em *Artemia salina*, incluindo redução da atividade natatória e comprometimento do desenvolvimento larval, reforçando o potencial de toxicidade mesmo em concentrações abaixo da CL_{50} (DEMARCO et al., 2022). Esses efeitos indicam impacto sistêmico e podem comprometer a sobrevivência e a aptidão ecológica dos organismos expostos.

Os xenobióticos podem ser ingeridos, acumulados e excretados por *A. salina*, podendo alterar a fisiologia de organismos aquáticos e afetar níveis tróficos superiores. O acúmulo e o escoamento desses compostos em ambientes aquáticos contribuem para processos de eutrofização, redução do oxigênio dissolvido e morte de peixes e invertebrados, levando à degradação da biodiversidade e desequilíbrio ecológico (NAAMANE et al., 2023).

7



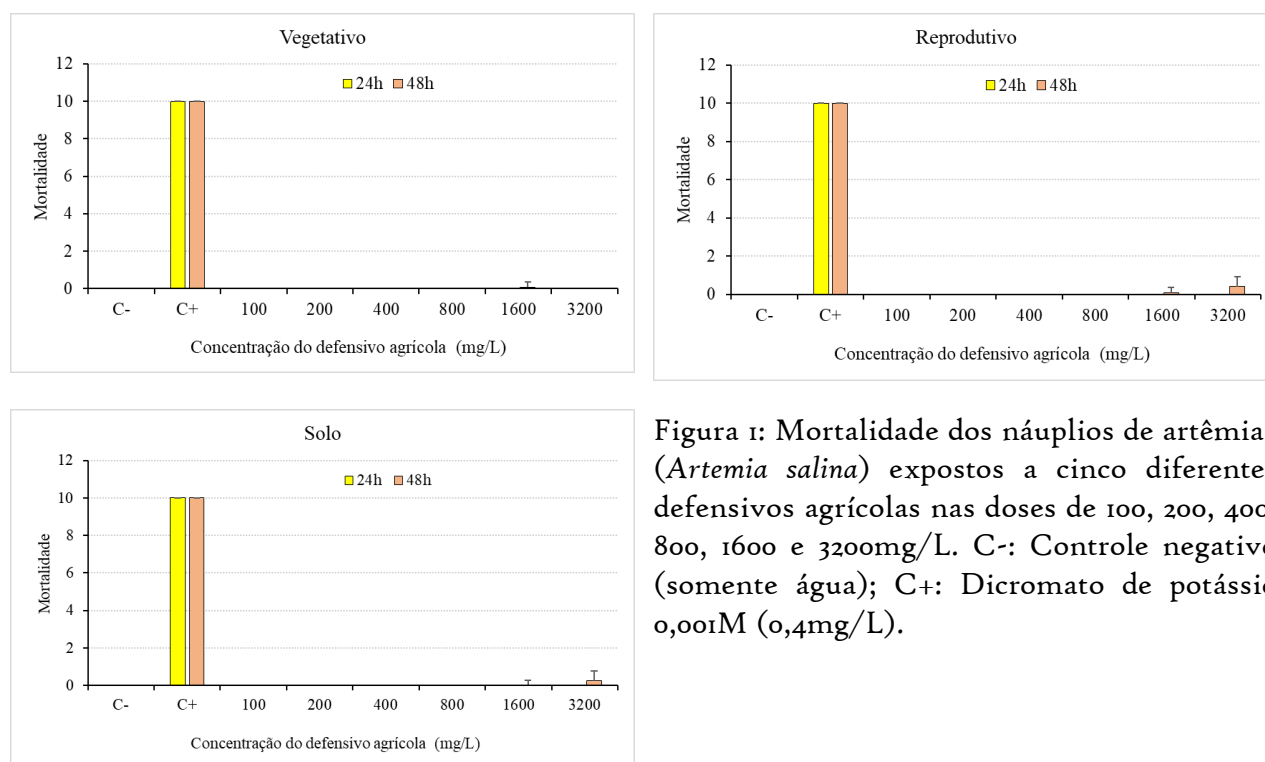


Figura 1: Mortalidade dos náuplios de artêmias (*Artemia salina*) expostos a cinco diferentes defensivos agrícolas nas doses de 100, 200, 400, 800, 1600 e 3200mg/L. C-: Controle negativo (somente água); C+: Dicromato de potássio 0,001M (0,4mg/L).

Estudos complementares reforçam a amplitude desses efeitos em outros organismos. Em girinos de *Bufo mauritanicus* e *Rana ridibunda*, a exposição ao sulfato de amônio causou 50% de mortalidade em concentrações de 68mg/L (NAAMANE et al., 2020). Resultados semelhantes foram observados em *Rana sylvatica*, com LC_{50} de 75 ± 25 mg/L de nitrato de amônio (BURGETT et al., 2007), e em *Sclerophrys regularis* (Anura: Bufonidae), nos quais, nitratos induziram malformações e danos nucleares (SAID et al., 2022).

Naamane et al. (2023) também relata em seu trabalho que invertebrados, como *Daphnia magna* e o molusco *Helix vermiculata*, também apresentaram redução da sobrevivência, crescimento e alterações bioquímicas sob exposição a fósforo, NPK e ureia, diferentemente do que foi encontrado em nosso trabalho.

Por outro lado, a exposição a inseticidas e herbicidas tem sido associada a níveis elevados de mortalidade e efeitos subletais relevantes. Em girinos de diferentes espécies, compostos como o glifosato e inseticidas organofosforados demonstraram induzir mortalidade significativa em concentrações na ordem de mg/L, além de alterações no desenvolvimento e na metamorfose (ALBBENDÍN et al., 2021). Resultados semelhantes foram observados em outras espécies de anfíbios, nas quais a exposição a pesticidas promoveu malformações, danos genotóxicos e

alterações histológicas, evidenciando impacto direto sobre processos celulares e desenvolvimento embrionário.

De forma análoga, invertebrados aquáticos e terrestres também apresentam elevada sensibilidade a defensivos agrícolas. Organismos como *Daphnia magna* e moluscos terrestres têm demonstrado redução na sobrevivência, crescimento e alterações bioquímicas quando expostos a diferentes classes de pesticidas, incluindo inseticidas piretroides e organofosforados, o que reforça o potencial ecotoxicológico desses compostos em múltiplos níveis tróficos (DEMARCO et al., 2022; SILVA et al., 2024).

Do ponto de vista ambiental e sanitário, a presença de resíduos de defensivos agrícolas em corpos d'água está associada a riscos significativos à saúde humana. Compostos como organofosforados e neonicotinoides podem atuar como neurotóxicos, interferindo na atividade da acetilcolinesterase e em vias neuroendócrinas, estando relacionados a efeitos como distúrbios neurológicos, alterações hormonais e aumento do risco de doenças crônicas. A contaminação de águas superficiais e subterrâneas por esses compostos, especialmente em regiões agrícolas, reforça a necessidade de monitoramento e controle rigoroso do uso desses insumos (ALBBENDÍN et al., 2021; SILVA et al., 2024).

Além disso, *Artemia salina* tem sido amplamente empregada para testar toxicidade de metais pesados, pesticidas, nanopartículas, extratos naturais e compostos orgânicos. Embora haja questionamentos quanto à sua suposta insensibilidade em alguns cenários, estudos recentes demonstram que ela possui sensibilidade suficiente, principalmente em testes de longo prazo, consolidando seu papel como bioindicador confiável (SILVA; SILVA, 2023; BAUDO et al., 2011).

Embora, no presente estudo, não tenham sido observados efeitos significativos em altas dosagens dos defensivos agrícolas testados, os quais foram avaliados em suas formulações comerciais, a literatura evidencia que o uso intensivo e não controlado tanto de fertilizantes quanto de defensivos agrícolas pode comprometer significativamente os ecossistemas terrestres e aquáticos, e representar risco à saúde humana (BASSO et al., 2021; RODRIGUES et al., 2018).

No ambiente aquático, o aporte excessivo de fertilizantes nitrogenados e fosfatados está diretamente associado à eutrofização, promovendo florações de algas, hipóxia e perda de biodiversidade (GODOY et al., 2019), enquanto resíduos de pesticidas podem causar toxicidade

aguda e crônica em organismos não-alvo e representar risco ecológico e humano (RODRIGUES et al., 2018).

No ambiente terrestre, esses insumos também impactam negativamente a microbiota do solo, alterando a diversidade e a atividade metabólica de microrganismos essenciais para processos como ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica. O uso intensivo de agroquímicos pode reduzir a biodiversidade microbiana, afetar processos bioquímicos do solo e comprometer sua fertilidade (MEENA et al., 2020; SWAINE et al., 2025). Além disso, há evidências de que herbicidas como o glifosato podem induzir alterações na comunidade bacteriana e efeitos genotóxicos em solos agrícolas (SOUZA et al., 2026).

Por outro lado, para a saúde humana, a exposição a pesticidas, por meio da água, alimentos ou contato ocupacional, está associada a diversos efeitos adversos, incluindo distúrbios neurológicos, metabólicos e alterações na microbiota intestinal, que podem influenciar processos fisiológicos e imunológicos (ZHOU; ZHAO, 2021; BASSO et al., 2021).

Dessa forma, mesmo na ausência de efeitos observáveis em condições experimentais específicas, o conjunto de evidências científicas reforça a necessidade de uso racional, monitoramento ambiental contínuo e adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

CONCLUSÃO

Todos os defensivos agrícolas testados apresentaram baixa toxicidade aguda, e por isso são relativamente seguros, mesmo em altas concentrações para os náuplios de artêmia testados nesse trabalho.

A mortalidade aparece apenas em concentrações muito altas e em condições experimentais, o que pode não ser ambientalmente realista.

Os controles negativo e positivo mostraram que o teste está sensível o suficiente para detectar toxicidade quando ela existe, confirmando que o náuplio de *Artemia salina* é um bom modelo experimental para estudos de toxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBENDÍN, M.G., ARANDA, V., COELLO, M.D., GONZÁLEZ-GÓMEZ, C., RODRÍGUEZ-BARROSO, R., QUIROGA, J.M., ARELLANO, J.M. Pharmaceutical products and pesticides toxicity associated with microplastics (Polyvinyl chloride) in *Artemia*

salina. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.18, n.20, p.10773. 2021. DOI:10.3390/ijerph182010773

ALEXANDRE, S.F. **Exposição a agrotóxicos e fertilizantes químicos: Agravos à saúde dos trabalhadores no agronegócio do abacaxi, em Limoeiro do Norte-CE**. 2009, 157p. Dissertação de Mestrado em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza. 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/15792>>

AZRA, M. N.; NOOR, M.I.M.; BURLAKOV, J.; ABDULLAH, M.F.; LATIF, Z.A.; SUNG, Y.Y. Trends and New Developments in Artemia. **Research. Animals**, v.12, n.18, p.2321. 2022. DOI: <10.3390/ani12182321>

BASSO, C.; SIQUEIRA, A.C.F.; RICHARDS, N.S.P.S. Impacts on human health and environment related to the use of pesticides: An integrative review. **Research, Society and Development**, v.10, n.8, p.e43110817529, 2021. DOI:10.33448/rsd-v10i8.17529. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/rsd/article/view/17529>>

BAUDO, R.; FAIMALI, M.; ONORATI, F.; PELLEGRINI, D. **Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre. I manuali di Ecotossicologia, Manuali e linee guida**, ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, v. 67, p. 2011, 2011. Disponível em: <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00009600/9683-mlg-67-2011.pdf?utm_source=chatgpt.com>

BURGETT, A.A.; WRIGHT, C.D.; SMITH, G.R.; FORTUNE, D.T.; JOHNSON, S.L. Impact of ammonium nitrate on wood frog (*Rana sylvatica*) tadpoles: effects on survivorship and behavior. **Herpetological Conservation and Biology**, v.2, n.1, p.29-34. 2007. Disponível em: <https://www.herpconbio.org/Volume_2/Issue_1/Burgett_etal_2007.pdf>

11

CHABET DIS, C.; REFES, W.; OKAZAKI, R.K. First biocharacterization of Artemia populations from western and northwestern Algeria. **Zoomorphology** v.143, p.77-88. 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s00435-023-00626-3>>

DEMARCO, M.; GASPARIN, B.R.; VIZZOTTO, A.; ALVES, H.; RESTELLO, R.M.; CANSIAN, R.L.; MIELNICZKI-PEREIRA, A.A. Study of pesticides effects on *Artemia salina* (Leach, 1819) survival and morphology. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.44, n.1, e61715. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v44i1.61715>>

DHONT, J.; SORGELOOS, P. **Applications of Artemia - Chapter 6**, p. 251-277. In: ABATZOPOULOS, TH.J.; BEARDMORE, J.A.; CLEGG, J.S.; SORGELOOS, P. Artemia: Basic and Applied Biology (2002). DOI:10.1007/978-94-017-0791-6_6

GODOY, R.F.B.; KURODA, C.Y.; RADOMSKI, F.A.D.; GUERRA, B.C. Eutrophication: a threat to freshwater reservoirs and human health. **Multidisciplinary Reviews**, v.2, p.e2019007. April. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.29327/multi.2019007>>

KRÜGER, R. A. **Análise da toxicidade e da genotoxicidade de agrotóxicos utilizados na agricultura utilizando bioensaios com *Allium cepa***. 2009, 58p. Dissertação de Mestrado em

Qualidade Ambiental, Fevale. Novo Hamburgo. 2009. Disponível em: <<https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/29080.pdf>>

MEENA, R.S.; KUMAR, S.; DATTA, R.; LAL, R.; VIJAYAKUMAR, V.; BRTNICKY, M.; SHARMA, M.P.; YADAV, G.S.; JHARIYA, M.K.; JANGIR, C.K.; PATHAN, S.I.; DOKULILOVA, T.; PECINA, V.; MARFO, T.D. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A Review. **Land**, v.9, n.2, p.34. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/land9020034>>

MEYER, B.N.; FERRIGNI, N.R.; PUTNAM, J.E., Jacobsen, L.B.; Nichols, D.E.; McLaughlin, J.L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plants constituents. **Planta Med**, v.45, n.5, p.31-34. 1982. DOI: 10.1055/s-2007-971236

MOLINA-SALINAS, G.M.; SAID-FERNÁNDEZ, S. A modified microplate cytotoxicity assay with brine shrimp larvae (*Artemia salina*). **Pharmacologyonline**, v.3, p.633-638. 2006. Disponível em: <<http://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2006/vol3/o69.Molina-Salinas.pdf>>

NAAMANE, A., EL BIRGUI, K., RAFII, S., MERBOUH, C., IOUNES, N., AND EL AMRANI, S. Evaluation of the Effects of Three Chemical Fertilizers on *Artemia salina*. **Journal of Ecological Engineering**, v.24, n.5, p.103-109. 2023. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/161445>

NAAMANE, A.; KAMTASS, S.; NAMOUSSI, S.; IOUNES, N.; BELHOUARI, A.; EL AMRANI, S. Evaluation of the Acute Toxicity of an Ammonium Sulfate Fertilizer in Two Species of Anuran Tadpoles: *Bufo mauritanicus* (Schlegel 1841) and *Rana ridibunda* (Boulanger 1913). **Journal of Ecological Engineering**, v.21, n.7, p.1-10. 2020. DOI:10.12911/22998993/125462

NAKAMURA, P. S. Figueiredo, M.H.B.; Navarini, L.M.S.L.; Silva, G.F.M.; Andrade, E.A.; Machado, M.R.F.M. Synergistic Effects of Live Feeding on Larval Growth and Reproductive Potential in Zebrafish (*Danio rerio*): A Nutritional and Physiological Approach. **III Workshop Brasileiro sobre Reprodução de Peixes**, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/385137674_Synergistic_Effects_of_Live_Feeding_on_Larval_Growth_and_Reproductive_Potential_in_Zebrafish_Danio_rerio_A_Nutritional_and_Physiological_Approach

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), **Test No. 202: *Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test**, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/9789264069947-en>>

PISA, L.W.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L.P.; BONMATIN, J.M.; DOWNS, C.A.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D.P.; KRUPKE, C.; LIESS, M.; MC FIELD, M.; MORRISSEY, C.A.; NOOME, D.A.; SETTELE, J.; SIMON-DELISO, N.; STARK, J.D.; VAN DER SLUIJS, J.P.; VAN DYCK, H.; WIEMERS, M. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. **Environmental Science Pollution Research International**. v.22, n.1, p.68-102. Jan, 2015. DOI: 10.1007/s11356-025-37124-6.

RIISGÅRD, H. U.; ZALACÁIN, D.; JEUNE, N.; WIERSMA, J.B.; LÜSKOW, F.; PLEISSNER, D. Adaptation of the brine shrimp *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca) to filter-feeding: effects of body size and temperature on filtration and respiration rates. **Journal of Crustacean Biology**, v.35, n.5, p.650-658. 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1163/1937240X-00002362>>

RODRIGUES, E.T.; ALPENDURADA, M.F.; RAMOS, F.; PARDAL, M.Â. Environmental and human health risk indicators for agricultural pesticides in estuaries. **Ecotoxicol Environ and Safety**. v.150, p.224-231. 2018. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.12.047. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.047>>

RUPPERT, E.E.; BARNES, R.D.; FOX, R.S. **Invertebrate zoology**. Fort Worth: Saunders College Publishing, 1994. Disponível em: https://academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_9504.pdf

SAID, R.E.M.; SAID, A.S.; SABER, S.A.L.; ELSALKH, B.A.E. Biomarker responses in *Sclerophrys regularis* (Anura: Bufonidae) exposed to atrazine and nitrate. **Pollution**, v.8, n.4, p.1387-1397. 2022. DOI: 10.22059/POLL.2022.339894.1386

SILVA, L.M.; SILVA, F.J. **Bioassay with *Artemia salina* L.: A gateway to understanding the toxicity of medicinal plant extract**. In book: Botânica, Ecologia e Sustentabilidade: uma perspectiva multidisciplinar. 2023p. Edition 1. Publisher: Editora Científica Digital. 2023. DOI:10.37885/230814206

SILVA, L.M.; SOUZA, R.C.; SANTOS, T.A.C.; PALMIERI, M.J.; VIEIRA, L.F.A. Eco(geno)toxicity of an acaricidal formulation containing chlorpyrifos, cypermethrin, and fenthion on different plant models and *Artemia salina* L. **Environmental Science Pollution Research**. v.31, n.49, p.58928-58945. Oct, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-024-35019-6>>

SORGELOOS, P.; VAN DER WIELEN, C.M.; PERSOONE, G. The use of *Artemia nauplii* for toxicity tests - A critical analysis. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v.2, p.249-255. 1978. DOI:10.1016/S0147-6513(78)80003-7

SOUZA, C.R.; SOUZA-SILVA, G.; SILVA, F.V.M.; CARDOSO, P.V.R.; LIMA, W.D.S.; PEREIRA, C.A.J.; MOL, M.P.G.; SILVEIRA, M.R. Ecotoxicological studies of direct and indirect genotoxicity with *Artemia*: a integrative review. **Journal Environmental Science Health A -Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**. v.59, n.6, p.305-320. 2024. DOI: 10.1080/10934529.2024.2384216

SOUZA, K.S.; ARAUJO, A.A.; SILVA, M.R.F.; FELIX, K.C.S.; SILVA, K.C.C.; FILHO, R.M.N.; ARAUJO, L.C.A.; BARROS, A.V.; MOTTERAN, F.; FRANÇA, E.J.; ROHDE, C.; OLIVEIRA, M.B.M. Emerging Bacterial Resistance and Genotoxicity of Water-Soluble Fractions of Agricultural Soils from the Semiarid Region of Brazil Affected by the Continuous Use of Glyphosate. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.116, an.85, 2026. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00128-026-04230-1>>

STEHLE, S.; SCHULZ, R. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**. v.112, n.18, p. 5750–5755. April 13, 2015. Disponível em: <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1500232112>

SWAINE, M.; BERGNA, A.; OYSERMAN, B.; VASILEIADIS, S.; KARAS, P.A.; SCREPANTI, C.; KARPOUZAS, D.G. Impact of pesticides on soil health: identification of key soil microbial indicators for ecotoxicological assessment strategies through meta-analysis, **FEMS Microbiology Ecology**, v.101, n.6, 10p., fiaf052, June 2025, Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/femsec/fiaf052>>

ZHOU, M.; ZHAO, J. A review on the health effects of pesticides based on host gut microbiome and metabolomics. **Frontiers in Molecular Biosciences**, v.8, p.632955. Feb 2021. DOI: 10.3389/fmolb.2021.632955. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.632955>>