

Atendendo a solicitação do(a) autor(a),  
o texto completo desta tese/dissertação  
será disponibilizado somente a partir de  
05/10/2024.

At the author's request, the full text of  
this thesis/dissertation will not be  
available until October 05, 2024.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia



**Cemaden**  
Centro Nacional de Monitoramento  
e Alertas de Desastres Naturais

UNIDADE DE PESQUISA DO  
MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

**CRISTIANE MARINHO DE SOUZA**

**INFLUÊNCIA DO AUMENTO DA TEMPERATURA SOBRE A  
TOXICIDADE DE AGROTÓXICOS PARA A BIOTA  
AQUÁTICA: uma revisão sistemática com meta-análise sob a  
perspectiva das mudanças climáticas**

**2021**

**CRISTIANE MARINHO DE SOUZA**

**INFLUÊNCIA DO AUMENTO DA TEMPERATURA SOBRE A TOXICIDADE DE  
AGROTÓXICOS PARA A BIOTA AQUÁTICA: uma revisão sistemática com  
meta-análise sob a perspectiva das mudanças climáticas**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE pelo Programa de Pós-Graduação em DESASTRES NATURAIS.

Área: Desastres Naturais Linha de pesquisa: Desastres associados a eventos extremos, secas, estiagens, incêndios florestais e escassez de água

Orientador: Professora Doutora Suzelei Rodgher

São José dos Campos

2021

INFLUÊNCIA DO AUMENTO DA TEMPERATURA SOBRE A TOXICIDADE DE  
AGROTÓXICOS PARA A BIOTA AQUÁTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM  
META-ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**BANCA EXAMINADORA**

**Professora Doutora Suzelei Rodgher (Orientadora)**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
Campus de São José dos Campos

**Professora Doutora Klécia Gili Massi**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
Campus de São José dos Campos

**Professora Doutora Cleoni dos Santos Carvalho**

Universidade Federal de São Carlos  
Campus Sorocaba

São José dos Campos, 5 de outubro de 2021.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este estudo à minha doce mãe, Sônia Maria de Sousa, na qual devo muito, sempre me incentivando, principalmente nas dificuldades e não foi diferente neste. Ela é a razão do meu viver, por tudo que fez, e não somente por mim, mas por toda a família de um modo geral.

Sou grata pelos seus ensinamentos, valores, pela sua coragem e força, pela sua fé e espiritualidade, sua mansidão, serenidade, calma e tranquilidade, pelo seu querer, seu desbravamento em cuidar de nós todos, assumindo um lar, dando amor à família em todos os momentos. Uma mulher batalhadora e guerreira, sem igual, na qual eu tanto a admiro, mulher de muita fibra, em que eu sempre me inspirei e espero um dia poder ser 1% do que ela é.

Que Deus continue abençoando sempre.

Obrigada por todo o seu amor mamãe. Te Amo!

## AGRADECIMENTOS

O mestrado foi um desafio, em boa parte, visto as adaptações ocasionadas pela pandemia do Covid-19, pois sempre tive em mente que nós alunos sempre temos que fazer distintas formas de aprendizado. Pela experiência de aprendizado deste momento, agradeço:

A minha orientadora, a Professora Dra. Suzelei Rodgher, que não me deixou desanimar, sempre me entusiasmou por todo este período, pela importância da temática proposta e contribuição a ser dada. Pelos seus ensinamentos, seu respeito, sua compreensão, seu profissionalismo em me ensinar os caminhos das pedras, pela formidável paciência, pela sua inteligência e sabedoria que muito me agregou e na qual sempre a admirei em muito. Jamais teria conseguido sem você. Muito obrigada por tudo que fez.

As minhas amigas de trabalho que tanto me incentivaram nos estudos e vem contribuindo desde a minha graduação, com os ensinamentos e a compreensão de cada uma: Karla Conceição Pereira, Sylvia Sanae Takishita, Euriluce Guimarães, todas me ajudando a formar um aprendizado permanente e enriquecedor que engrandece cada vez mais.

Aos meus professores da graduação que tanto admiro: Luiz Sérgio Gonçalves Aguiar, Sânzara Hassmann, Mário Sérgio Soléo Scalabrino, Renato Montini, Luiz Gustavo Galhardo Mendes e Eduardo O. Estiliano por proporcionar o estudo de Ictiofauna em iniciação científica no laboratório de ecologia da Fatec Jacareí – SP

Às professoras Dra. Cleoni dos Santos Carvalho e Dra. Klécia Gili Massi pelas suas importantes e imperativas contribuições no Exame Geral de Qualificação. Adicionalmente, agradeço a Profa. A Dra. Klécia Gili pelo importante auxílio na meta-análise, com a compreensão de expandir a temática do estudo para uma enriquecedora abordagem.

A minha mãe que sempre me incentivou e sempre me deu o exemplo de não desistir dos nossos sonhos ainda que eles não sejam fáceis de atingir.

Ao Professor Associado Enner Herenio de Alcântara, coordenador do Programa de Pós-graduação em Desastres Naturais

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Desastres Naturais que ministraram disciplinas: Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, Dr. José Antonio Marengo Orsini, Dra. Regina Celia dos Santos Avala, Dr. Carlos Afonso Nobre, Dra. Luana Albertani Pampuch e Dr. Silvio Jorge Coelho Simões, juntamente com a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita

Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus São José dos Campos, e ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas e Desastres Naturais – Cemaden. Gratidão.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação: Bruno Shiguemitsu Marques Tanaka - Supervisor Técnico de Seção; Carolina Lourenço Rei – Assistente Técnico Administrativo I e Sandra Mara Cordeiro – Assistente Administrativo II, pelos atendimentos, orientações e gentilezas no decorrer do mestrado.

Agradeço a Deus por mais esta oportunidade que me destes.

*“A sabedoria é um eflúvio do poder de Deus, uma emanção puríssima da glória do Onipotente, pelo que nada de impuro nela se introduz”.* **A Bíblia de Jerusalém**



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	<b>8</b>
<b>RESUMO</b>	<b>9</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Desastres naturais e poluição ambiental</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Agrotóxicos nos ecossistemas e a questão do aquecimento global</b>	<b>18</b>
<b>2 ARTIGO</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Souza, C M; Massi, K G. ; Rodgher, S Influência do Aumento da Temperatura sobre a Toxicidade de Agrotóxicos para a Biota Aquática: uma revisão sistemática com meta-análise sob a perspectiva das mudanças climáticas / <i>Influence of Temperature Increase on the Toxicity of Pesticides to Aquatic Biota: a systematic review with meta-analysis from the perspective of climate change</i></b>	<b>24</b>
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>70</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EM-DAT	The International Disasters Database
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FAO	United Nations Food and Agriculture Organization
GAR	Global Assessment Report
GCC	Mudança Climática Global
GEE	Gases de Efeito Estufa
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
USEPA	United States Environmental Protection Agency
DRR	Redução e Riscos de Desastres

SOUZA, CRISTIANE MARINHO DE **Influência do Aumento da Temperatura Sobre a Toxicidade de Agrotóxicos para a Biota Aquática**: uma revisão sistemática com meta-análise sob a perspectiva das mudanças climáticas 2021. Dissertação (Mestrado em Desastres Naturais) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2021.

## RESUMO

Desastre é considerado o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo ser humano sobre um cenário vulnerável, causando perturbação ao funcionamento de uma comunidade envolvendo perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais. Desastre meteorológico, subgrupo temperatura extrema, tipo ondas de calor, é definido por temperaturas extremas com ondas de calor onde as temperaturas fiquem acima de um valor normal esperado do planeta e é a principal previsão das mudanças climáticas globais. No cenário das mudanças globais do clima, degradação do solo, proliferação de espécies nocivas e perdas associadas na produção agrícola é provável que o uso de agrotóxicos se intensifique, bem como o transporte desses produtos químicos ao meio ambiente. Nesse contexto, estudos têm destacado a influência da temperatura nos efeitos tóxicos dos poluentes para a biota aquática. A presente pesquisa, por meio de uma revisão sistemática com meta-análise, levantou, comparou e analisou estudos sobre o aumento da temperatura e na toxicidade de pesticidas para a biota aquática. Foram pesquisados estudos experimentais que avaliaram efeitos do aumento nos valores de temperatura sobre a ação de pesticidas para organismos aquáticos de água doce (microalgas, invertebrados e vertebrados) em termos de alterações nas medidas de aptidão, respostas moleculares e regulação fisiológica. Os agrotóxicos foram classificados como levemente e moderadamente perigosos. As bases de dados disponíveis nos sites da Science Direct, Scielo e Web of Science foram utilizadas para a realização da revisão bibliográfica seguindo o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis 2009). Utilizou-se o pacote R (versão 2.15.1; R Development Core Team 2012) “Metafor” para a realização da meta-análise. Sessenta artigos que avaliaram respostas biológicas de organismos de água doce à exposição isolada e combinada de agroquímicos e temperatura foram revisados e seis estudos preencheram os critérios de inclusão desta pesquisa. Em geral, a meta-análise indicou efeitos mais negativos sobre os organismos na exposição combinada entre agroquímicos e elevados valores de temperatura. As variáveis respostas mais afetadas pelo estressor agrotóxico isolado, elevação de temperatura isolada e a combinação de ambos os estressores foram aptidão e alterações morfológicas. Microalga e invertebrados foram mais sensíveis aos estressores isolados e em associação em comparação aos vertebrados. Esta pesquisa contribuiu com maiores esclarecimentos sobre as interações do aumento de temperatura e a presença de agrotóxicos para a biota aos ecossistemas de água doce, relacionado às mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** desastres, pesticidas, ecossistemas aquáticos, aquecimento.

*SOUZA, CRISTIANE MARINHO DE Influence of Temperature on the Toxicity of Pesticides to Biota Aquatic: a systematic review with meta-analysis from the perspective of climate change 2021. Dissertation (Master's degree in Natural Disaster) - São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology, National Center for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden), São José dos Campos, 2021.*

### **ABSTRACT**

*Disaster is considered the result of adverse events, natural or manmade, in a vulnerable scenario, causing disturbance to the functioning of the community involving human, material, economic or environmental losses and damages. Meteorological disaster, subgroup extreme temperature, like heat waves, is defined by extreme temperatures with heat waves where temperatures are above a normal expected value of the planet is the main prediction of global climate change. In the context of global climate change, soil degradation, proliferation of harmful species and associated losses in agricultural production, it is likely that the use of pesticides will intensify, as well as the transport of these chemicals to the environment.*

*In this context, studies have highlighted the influence of temperature on the toxic effects of pollutants on aquatic biota. The present research, through a systematic review study with meta-analysis, raised, compared and analyzed studies on the evaluation of temperature increase in pesticide toxicity to aquatic biota. Experimental studies that evaluated the effects of increasing temperature values on the action of pesticides on freshwater aquatic organisms (microalgae, invertebrates and vertebrates) in terms of changes in fitness measures, molecular responses and physiological regulation were investigated. Pesticides were classified as mildly and moderately hazardous. The databases available on the Science Direct, Scielo and Web of Science websites were used to carry out the literature review following the PRISMA protocol (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis 2009). The R package (version 2.15.1; R Development Core Team 2012) "Metafor" was used to carry out meta-analysis. Sixty articles that evaluated biological responses of freshwater organisms to isolated and combined exposure to agrochemicals and temperature were reviewed and six studies met the inclusion criteria for this research. In general, the meta-analysis indicated more negative effects on organisms in the combined exposure between agrochemicals and high temperature values. Aptitude and morphological changes were the responses most affected by the isolated pesticide stressor, isolated temperature rise and the combination of both stressors. Microalgae and invertebrates were more sensitive to isolated and associated stressors compared to vertebrates. This research contributed further clarification on the interactions of temperature increase and the presence of pesticides for biota to freshwater ecosystems, related to climate change.*

**Keywords:** *disasters, ecotoxicology, pesticides, aquatic ecosystems, heating.*