



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

JAÍSE ALVES BARBOSA

**TOXICIDADE DE BIOHERBICIDAS À BASE DE EXTRATO PIROLENHOSO E ÓLEOS
ESSENCIAIS SOBRE PLANÁRIAS DE ÁGUA DOCE E NO CRESCIMENTO INICIAL DE
MILHO E SOJA**

**Gurupi, TO
2025**

Jaíse Alves Barbosa

Toxicidade de bioherbicidas à base de extrato pirolenhoso e óleos essenciais sobre planárias de água doce e no crescimento inicial de milho e soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo

Gurupi, TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- B238e Barbosa, Jaise Alves.
 Efeitos dos bioherbicidas naturais sobre bioindicadores aquáticos e
 cultivos agrícolas. / Jaise Alves Barbosa. – Gurupi, TO, 2025.
 76 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
 – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
 Produção Vegetal, 2025.
 Orientador: Eduardo Andrea Lemus Erasmo

 1. Bioinsumo. 2. Platelmentos. 3. Aleloquímicos. 4. Fitotoxicidade. I. Título
- CDD 635**

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Jaíse Alves Barbosa

Toxicidade de bioherbicidas à base de extrato pirolenhoso e óleos essenciais sobre planárias de água doce e no crescimento inicial de milho e soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Foi avaliado para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo, UFT

Prof. Dra. Susana Cristine Siebeneichler, UFT

Prof. Dr. Althiéris de Souza Saraiva, IF Goiano

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua presença constante na minha vida, por me conceder discernimento para tomar boas decisões e por me abençoar com tantas oportunidades. Sou imensamente grata a ele por ter colocado pessoas incríveis ao meu lado durante esses dois anos de pesquisa.

Agradeço a Universidade Federal do Tocantins e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal por todo apoio.

Agradeço a Unidade de aperfeiçoamento de coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES).

Agradeço ao meu orientador, Eduardo Andrea Lemus Erasmo, por todo apoio necessário até aqui e a Rita de Cássia Moreira Rodrigues por me encorajar, pela sua paciência e por ser uma ótima pesquisadora, dividindo todo o seu conhecimento.

Agradeço profundamente a minha família, que tem sido meu alicerce. À minha mãe, por me incentivar e acreditar em mim; a minha sobrinha Yara, que com abraços sempre me trazem confortos e alegria; ao meu pai, por seu apoio incondicional ao longo de toda a jornada; e aos meus irmãos, por sempre me estimularem a seguir em frente.

Agradeço imensamente ao meu namorado, Mykeias Resplande por todo o cuidado e incentivo.

Agradeço de coração a meu professor Marcelo Alves Terra (*In memoriam*), que acreditou em meu potencial e me mostrou que eu era capaz. Sem o seu apoio, nada disso seria possível. Agradeço por ter sido mais que um orientador. Obrigada por me incentivar, por suas sugestões, por sua paciência e por tudo o que fez por mim. Fique tranquilo que, apesar da sua partida, o senhor me deixou em boas mãos.

Agradeço a professora Susana Siebeneichler, por me convidar a fazer parte do grupo de pesquisa e por me orientar, não apenas em relação à pesquisa. Sou grata por tudo que aprendi com você e pela oportunidade de conhecer meus colegas de pesquisa, que agora são como amigos.

Agradeço, ao professor Renato Sarmiento, por abrir as portas do laboratório de ecotoxicologia e por todo suporte técnico necessário para a condução dos experimentos.

Aos meus amigos, Raffael Marques, Cleyton Santos, Raquel Montelo, Camila Resende, Rosaina Venega, Jackeline Ribeiro, Rone Silva, Letícia Queiroz, Daniel Cristino.

RESUMO GERAL

O uso indiscriminado de herbicidas tem gerado diversos impactos negativos, como a seleção de plantas daninhas resistentes, danos ambientais e riscos à saúde humana, o que impulsiona a busca por alternativas sustentáveis. Nesse contexto, os bioinsumos, especialmente aqueles derivados de metabólitos secundários de plantas, surgem como alternativas no manejo de plantas daninhas. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade e o potencial de deriva de dois bioherbicidas (D1 e D5), compostos por óleos essenciais (*Corymbia citriodora* e *Cymbopogon winterianus*), além de extrato pirolenhoso e outros compostos. No primeiro capítulo, foi abordado uma revisão de literatura (Alternativas sustentáveis no uso de herbicidas e seus impactos no meio ambiente), no segundo capítulo, foram conduzidos testes ecotoxicológicos com planárias (*Girardia tigrina*), investigando a toxicidade aguda e crônica dos bioherbicidas, por meio da determinação da CL_{50} e de alterações biológicas como regeneração e locomoção. Os resultados demonstraram que ambos os produtos apresentam toxicidade inferior à de herbicidas sintéticos, sendo o bioherbicida D1 mais tóxico que o D5. No terceiro e quarto capítulo, avaliou-se o efeito da deriva simulada dos bioherbicidas sobre variáveis fisiológicas, biométricas e fitotoxicológicas em plantas de milho (UFT robusta) e soja (var. Domínio). Observou-se maior sensibilidade da soja ao bioherbicida D5, enquanto o milho demonstrou maior tolerância ao D1. De forma geral, os resultados indicam efeitos variados sobre os organismos não alvo e as culturas de interesse econômico, embora apresentem resultados diferentes, os efeitos observados dos bioherbicidas apresentam menor grau de toxidez quando comparados aos sintéticos, evidenciando como potencial alternativa mais segura e ambientalmente viável em comparação aos produtos sintéticos comerciais comparados neste estudo. No entanto, são necessários estudos futuros complementares sobre o efeito dos bioherbicidas sobre as plantas infestantes.

Palavras-chaves: Bioinsumos. Ecotoxicologia. *Glycine max.* *Zea mays*

GENERAL ABSTRACT

The indiscriminate use of herbicides has generated several negative impacts, such as the selection of resistant weeds, environmental damage, and risks to human health, which drives the search for sustainable alternatives. In this context, bio-inputs, especially those derived from secondary plant metabolites, emerge as alternatives in weed management. This work aimed to evaluate the toxicity and drift potential of two bioherbicides (D1 and D5), composed of essential oils (*Corymbia citriodora* and *Cymbopogon winterianus*), as well as pyroligneous extract and other compounds. The first chapter addressed a literature review (Sustainable alternatives in herbicide use and their environmental impacts); the second chapter conducted ecotoxicological tests with planarians (*Girardia tigrina*), investigating the acute and chronic toxicity of the bioherbicides through the determination of LC₅₀ and biological alterations such as regeneration and locomotion. The results demonstrated that both products exhibit lower toxicity than synthetic herbicides, with bioherbicide D1 being more toxic than D5. In the third and fourth chapters, the effect of simulated drift of bioherbicides on physiological, biometric, and phytotoxicological variables in corn (UFT robusta) and soybean (var. Domínio) plants was evaluated. Soybean showed greater sensitivity to bioherbicide D5, while corn showed greater tolerance to D1. In general, the results indicate varied effects on non-target organisms and economically important crops. Although the results differ, the observed effects of bioherbicides showed a lower degree of toxicity when compared to synthetics, highlighting them as a potentially safer and more environmentally viable alternative compared to the commercial synthetic products compared in this study. However, further complementary studies on the effect of bioherbicides on weeds are necessary.

Keywords: Bioinputs. Ecotoxicology. *Glycine max.* *Zea mays*

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Velocidade locomotora de planárias após sete dias de pré-exposição a diferentes concentrações dos bioherbicidas D1 (a) e D5 (b), estimada pela contagem do número de linhas cruzadas em 3 minutos.....42
- Figura 2 - Regeneração do blastema após sete dias em planárias expostas aos bioherbicidas D1 e D5 por 24 h (a,c) e 48 h (b, d).....43
- Figura 3 - Regeneração dos fotorreceptores em planárias expostas aos bioherbicidas D1 (a) e D5 (b) em diferentes concentrações.....44
- Figura 4 - Figura 4 – Regeneração das aurículas em planárias após sete dias de exposição aos bioherbicidas D1 (a) e D5 (b) em diferentes concentrações.....44
- Figura 5 - Fecundidade, avaliada após quatro semanas, e fertilidade de planárias após exposição aos bioherbicidas D1 (a,c) e D5 (b,d) em diferentes concentrações.....45

CAPÍTULO III

- Quadro 1 - Escala de notas para avaliação visual da toxicidade dos bioherbicidas D1 e D5 em plantas de soja.....60
- Figura 1 - Condutância estomática (A), transpiração (B), eficiência instantânea de carboxilação (C) e taxa de assimilação de CO₂ (D) em plantas de soja tratadas com 0, 15, 30 e 60% dos bioherbicidas D1 e D5. Símbolos com linhas verticais representam a média (\pm SE) de quatro repetições.....62
- Figura 2 - Eficiência quântica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) da soja sob 0, 15, 30 e 60% dos bioherbicidas D1 e D5. Símbolos com linhas verticais representam a média (\pm SE) de quatro repetições.....63
- Figura 3 - Grau de intoxicação na cultura da soja causado pelo bioherbicida D1, avaliado pela escala de Amaral. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre dias dentro de uma mesma concentração e letras maiúsculas indicam diferenças entre concentrações em um mesmo dia.....64
- Figura 4 - Grau de intoxicação na cultura da soja causado pelo bioherbicida D5, avaliado pela escala de Amaral. Letras minúsculas indicam diferenças

significativas entre dias dentro de uma mesma concentração e letras maiúsculas indicam diferenças entre concentrações em um mesmo dia.....64

Figura 5 - Comprimento radicular (CR), volume radicular (VR) e massa seca total (MST) de plantas de soja 14 dias após aplicação dos bioherbicidas D1 e D5. Símbolos com linhas verticais representa a média (\pm SE) de doze repetições.....65

CAPÍTULO IV

Quadro 2 - Escala de notas para avaliação visual da toxicidade dos bioherbicidas D1 e D5 em plantas de milho.....83

Figura 1 - Condutância estomática (A), transpiração (B), eficiência instantânea de carboxilação (C) e taxa de assimilação de CO₂ (D) em plantas de milho tratadas com 0, 15, 30 e 60% dos bioherbicidas D1 e D5. Símbolos com linhas verticais representam a média (\pm SE) de quatro repetições.....85

Figura 2 - Eficiência quântica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) do milho sob 0, 15, 30 e 60% dos bioherbicidas D1 e D5. Símbolos com linhas verticais representam a média (\pm SE) de quatro repetições.....86

Figura 3 - Grau de intoxicação na cultura do milho causado pelo bioherbicida D1, avaliado pela escala de Amaral. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre dias dentro de uma mesma concentração e letras maiúsculas indicam diferenças entre concentrações em um mesmo dia.....86

Figura 4 - Grau de intoxicação na cultura do milho causado pelo bioherbicida D5, avaliado pela escala de Amaral. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre dias dentro de uma mesma concentração e letras maiúsculas indicam diferenças entre concentrações em um mesmo dia.....87

Figura 5 - Comprimento radicular (CR), volume radicular (VR) e massa seca total (MST) de plantas de milho 14 dias após aplicação dos bioherbicidas D1 e D5. Símbolos com linhas verticais representa a média (\pm SE) de doze repetições.....88

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO I	15
1.1 Uso de agrotóxicos no Brasil e seus impactos ambientais	17
1.2 Bioinsumos como alternativa sustentável	18
1.3 Ecotoxicologia de bioinsumos	23
1.4 Organismos bioindicadores	23
1.5 Resistência das plantas daninhas a herbicidas no milho	25
1.6 Resistencia de plantas daninhas a herbicidas na soja	26
1.7 Controle de plantas infestantes em cultivos agrícolas	26
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO II	35
1 INTRODUÇÃO	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 Teste agudo	39
2.2 Teste crônico	40
2.2.1 Locomoção	40
2.2.2. Regeneração do blastema, fotorreceptores e aurículas	40
2.2.3 Reprodução	41
2.3 Análise de dados	41
3 RESULTADOS	42
3.1 Efeito letal	42
3.2 Efeitos subletais	42
4 DISCUSSÃO	46
4.1 Teste agudo	46
2.2 Teste Crônico	47
5 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO III	54
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	58
2.1 Local e condições experimentais	58
2.2 Caracterização dos materiais	58
2.3 Delineamento experimental	59
2.4 Aplicação dos tratamentos	59
2.5 Variáveis avaliadas	59
2.5.1 Análise de trocas gasosas	59

2.5.2	Análise de fluorescência da Clorofila.....	60
2.5.3	Análise de intoxicação.....	60
2.5.4	Análises Biométricas	61
2.6	Análise de dados	61
3	RESULTADOS	62
3.1	Análise Fisiológica	62
3.2	Análise de fluorescência da clorofila.....	63
3.3	Avaliação do grau de intoxicação.....	63
3.4	Avaliação da Massa seca total (MST).....	64
4	DISCUSSÃO	66
4.1	Análise de trocas gasosas	66
4.2	Análise de Fluorescência da Clorofila	66
4.3	Análise de intoxicação	67
4.4	Análises Biométricas	69
5	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS	71
	CAPÍTULO IV	77
1	INTRODUÇÃO	79
2	MATERIAL E MÉTODOS	81
2.1	Local e Condição experimental	81
2.2	Caracterização dos materiais	81
2.3	Delineamento experimental	82
2.4	Aplicação dos tratamentos.....	82
2.5	Avaliações.....	82
2.5.1	Análise de trocas gasosas	82
2.5.2	Análise de fluorescência da Clorofila.....	83
2.5.3	Análise de intoxicação.....	83
2.5.4	Avaliações biométricas.....	83
2.6	Análise de dados	84
3	RESULTADOS	85
3.1	Análise Fisiológica	85
3.2	Análise de Fluorescência da Clorofila	85
3.3	Análise de intoxicação	86
3.4	Análises Biométricas	87
4	DISCUSSÃO	89
4.1	Análise fisiológica	89
4.2	Análise de Fluorescência da Clorofila	90

4.3 Análise de intoxicação	90
4.4 Análise Biométrica.....	91
5 CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS	93
CONCLUSÃO GERAL	104