



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LEANDRO LIMA CASADO DOS SANTOS

USO DE EXTRATO PIROLENHOSO NO MANEJO EM PÓS-EMERGÊNCIA
DE PLANTAS DANINHAS

RIO LARGO – AL

2024

LEANDRO LIMA CASADO DOS SANTOS

USO DE EXTRATO PIROLENHOSO NO MANEJO EM PÓS-EMERGÊNCIA
DE PLANTAS DANINHAS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (produção vegetal) da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para Defesa do Doutorado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza

Rio Largo-AL

2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237u Santos, Leandro Lima Casado dos.

Uso de extrato pirolenhoso no manejo em pós-emergência de plantas daninhas. /
Leandro Lima Casado dos Santos. – 2024.

94f.: il.

Orientador(a): Renan Cantalice de Souza.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de concentração em Produção Vegetal. Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Vinagre de madeira. 2. Plantas daninhas. 3. Bioinsumos. I. Título.

CDU: 632.51

TERMO DE APROVAÇÃO

Leandro Lima Casado dos Santos
(Matricula 2021102543)

“USO DE EXTRATO PIROLENHOSO NO MANEJO EM PÓS-EMERGÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS”

Tese apresentada e avaliada pela banca examinadora em trinta de setembro de abril de 2024, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.



Documento assinado digitalmente

RENAN CANTALICE DE SOUZA
Data: 08/03/2025 07:23:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza
(Presidente)



Documento assinado digitalmente

JORGE LUIZ XAVIER LINS CUNHA
Data: 23/01/2025 09:18:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha
(Membro)



Documento assinado digitalmente

IVOMBERG DOURADO MAGALHAES
Data: 22/01/2025 13:17:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães
(Membro)



Documento assinado digitalmente

BRUNO FRANÇA DA TRINDADE LESSA
Data: 23/01/2025 19:23:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bruno França Da Trindade Lessa
(Membro)

Rio Largo-AL

Setembro- 2024

A minha avó, Elita Vitalino (*in memoriam*)

Dedico

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria de agradecer primeiramente a Deus por mais essa conquista e por ter me conduzido ao longo da minha carreira acadêmica com sua mão zelosa e protetora.

A minha *Alma Mater*, a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), e ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), que foi a minha segunda casa durante anos, onde pude ampliar minha visão de mundo como acadêmico e cidadão, e que me forneceu todo aparato institucional para a execução desta pesquisa.

Agradeço de maneira especial ao meu orientador, Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza, pelos ensinamentos, confiança e amizade construída durante os anos, que contribuiu de maneira significativa para minha formação profissional e acadêmica que vai para além da presente obra.

Ao Prof. Dr. João Inácio Soletti, ao Dr. Mozart, ao Eng. Químico Claudevan Santos e a toda equipe do LASSOP/UFAL que despuseram da sua estrutura, tempo e conhecimentos quando me foi necessário.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (produção vegetal) pela oportunidade oferecida, ao secretário da pós-graduação Gustavo Nepusceno pela prontidão e competência, e a todos os professores que ampliaram os meus conhecimentos durante o processo de doutoramento.

A Prof.^a Dr.^a Leila de Paula Resende pela amizade de sempre, e pelos conselhos sempre oportunos. Ao Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier de Lins Cunha pela amizade construída, e pelas contribuições sempre que solicitado.

Aos amigos do Laboratório de Tecnologia da Produção – LATEP, Luis Eugênio, Lucas Alceu, Nathanyel Ewertthon, Vicente Neto, Hilda Rafaela, Ana Rosa, Mariângela Pereira, Mikaelle Alexandre, Ramon Souza, Gabrielle Pereira, Bartolomeu Júnior, que tiveram contribuição direta na execução desse trabalho, e todos aqueles que chegaram ao longo da jornada e propuseram uma troca mútua de apoio e conhecimento.

Aos membros da banca que dedicaram seu tempo e seus conhecimentos em minha qualificação e defesa.

A CAPES pelo financiamento que possibilitou a execução desta pesquisa.

Deixo minha gratidão a todos aqueles que me acompanharam na vida acadêmica desde sempre, de técnicos a professores e que não foram citados até então, mas que em algum momento me ajudaram a chegar até aqui. Um pesquisador em formação jamais consegue se sustentar por si só e sem o apoio de seus pares, desta forma, finalizo meus agradecimentos institucionais parafraseando Isaac Newton: *“se consegui ver mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”*, e confesso que me sinto afortunado por estar ladeado de gente da mais fina competência.

Dando continuidade aos meus agradecimentos, gostaria de fazer menção a todos aqueles que de forma indireta me ajudaram nesta jornada, me fornecendo abrigo, amor, amizade e proteção sempre que precisei.

Meus pais, Letacio Casado e Cerize Lima, que sempre estiveram comigo, me deram subsídios emocionais, e condições plenas para estudar, e que são responsáveis por cada tijolinho levantado em minha vida. Essa obra também é de vocês.

A minha família em geral, em especial aos meus avós, Benedito Vicente e Elita Vitalino, que se foram antes do esperado, mas que muito me ajudaram na minha vida e a minha avó Celina, que ainda tenho a oportunidade de abraça-la e demonstrar o quanto ela é especial pra mim.

A Aline Herculado, que esteve comigo desde o início do doutorado como minha noiva, e na reta final tornou-se minha esposa, por toda força e compreensão nos meus dias de ausência, e nos diversos momentos que estive ocupado na construção desta obra.

Aos amigos Luiz Henrique, Hebert Borges e João Itácito, que fora das paredes da Universidade foram os que mais ouviram, conversaram e aconselharam sobre a minha postura acadêmica e profissional.

Enfim, agradeço a todos os amigos e familiares que apesar de não citados nominalmente, contribuíram de alguma forma para que eu pudesse chegar até aqui. O meu muito obrigado.

“Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos’.

Albert Einstein

“...Haverá eterna perda por todo conhecimento e capacidade não alcançados, que poderíamos ter ganho”

Ellen G. White

RESUMO GERAL

A resistência de plantas daninhas a herbicidas, bem como a crescente demanda da sociedade por produtos cada vez mais livres de agrotóxicos, tem criado a necessidade da descoberta de produtos biológicos conhecidos como bioherbicidas, que possam atuar na supressão das plantas daninhas. Dentre os bioinsumos que possuem potencial herbicida, pode-se citar o extrato pirolenhoso, uma mistura carboxílica de cadeia ramificada, oriunda da pirólise de madeira. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ação herbicida do extrato pirolenhoso (EP), e a sua aplicação na redução de doses do herbicida 2,4-D. Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias. Para a avaliação da ação herbicida do EP, foram utilizados dois tipos de extratos, o primeiro produzido em laboratório a partir da pirolise de coco e eucalipto, e o segundo um extrato comercial, associados a 2 adjuvantes, óleo mineral (0,5% v/v) e óleo siliconado (0,5%). O delineamento foi inteiramente casualizado, com 5 contrações de extrato pirolenhoso (0; 6,25%; 12,5%; 25% e 50%) e 5 plantas receptoras (*Crotalaria juncea*, *Megathyrus maximus*, *Senna obtusifolia*, *Hiptens suaveolens* e *Biddens spp.*), onde cada combinação de extrato com adjuvante foi um experimento. Para avaliação de redução de doses de 2,4-D com extrato pirolenhoso, utilizou-se um extrato pirolenhoso comercial, e o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 misturas de herbicida com EP (Água destilada; 0,5 L ha⁻¹ de 2,4-D+1 L ha⁻¹ de EP; 1 L ha⁻¹ de 2,4-D+ 0,5 L ha⁻¹ de EP; e 1,5 L ha⁻¹ de 2,4-D (dose comercial recomendada), e a calda apenas com água e com óleo mineral (0,5% v/v), e as plantas receptoras foram *Crotalaria juncea*, *Senna obtusifolia*, *Biddens spp.*, sendo cada espécie um experimento. Na avaliação do potencial herbicida do EP, foi verificado que independente do tipo de extrato, houve um controle eficiente e redução de massa seca em todas as espécies de plantas daninhas testadas, com destaque para *Hiptens suaveolens* e *Biddens spp.*, e a combinação de EP com óleo mineral foi mais eficiente que o óleo siliconado. Nos ensaios para redução de doses de 2,4-D utilizando EP, o controle da espécie *Crotalaria juncea* não foi satisfatório até mesmo na dose comercial do herbicida, com excessão do tratamento com óleo mineral (0,5% v/v). As espécies *Senna obtusifolia* e *Biddens spp.*, apresentaram controle e redução de massa seca de maneira satisfatório em todas as misturas testada. O extrato pirolenhoso apresenta ação herbicida e foi eficiente na redução das doses do herbicida 2,4-D. A ação fitotóxica do EP pode ser atribuída a sua vasta composição química, que pode contribuir tanto para a supressão de plantas daninhas como potencializar a ação dos herbicidas sintéticos.

Palavras-chave: Vinagre de madeira; Plantas daninhas; Bioinsumos.

ABSTRACT GENERAL

The resistance of weeds to herbicides, as well as the increasing demand from society for products increasingly free of pesticides, has created the need to discover biological products known as bioherbicides, which can act in the suppression of weeds. Among the bioinputs that have herbicidal potential, we can mention pyroligneous extract, a branched-chain carboxylic mixture derived from wood pyrolysis. Therefore, the aim of this study was to evaluate the herbicidal action of pyroligneous extract (PE) and its application in reducing doses of the herbicide 2,4-D. The experiments were conducted in a greenhouse at the Campus of Engineering and Agricultural Sciences. To evaluate the herbicidal action of PE, two types of extracts were used: the first produced in the laboratory from coconut and eucalyptus pyrolysis, and the second a commercial extract, associated with two adjuvants, mineral oil (0.5% v/v) and silicone oil (0.5% v/v). The design was completely randomized, with five concentrations of pyroligneous extract (0; 6.25%; 12.5%; 25% and 50%) and five receptor plant species (*Crotalaria juncea*, *Megathyrus maximus*, *Senna obtusifolia*, *Hyptis suaveolens*, and *Bidens spp.*), with each combination of extract with adjuvant being an experiment. To evaluate the reduction of doses of 2,4-D with pyroligneous extract, a commercial pyroligneous extract was used, and the design was completely randomized in a 4x2 factorial scheme, with four mixtures of herbicide with PE (Distilled water; 0.5 L/ha of 2,4-D + 1 L/ha of PE; 1 L/ha of 2,4-D + 0.5 L/ha of PE; and 1.5 L/ha of 2,4-D - recommended commercial dose), and the solution with only water and with mineral oil (0.5% v/v), with each species of receptor plant being an experiment. In the evaluation of the herbicidal potential of PE, it was found that, regardless of the type of extract, there was effective control and reduction of dry mass in all tested weed species, with emphasis on *Hyptis suaveolens* and *Bidens spp.*, and the combination of PE with mineral oil was more efficient than silicone oil. In the trials for the reduction of doses of 2,4-D using PE, the control of the species *Crotalaria juncea* was not satisfactory, even at the commercial dose of the herbicide, except for the treatment with mineral oil (0.5% v/v). The species *Senna obtusifolia* and *Bidens spp.* showed satisfactory control and reduction of dry mass in all tested mixtures. Pyroligneous extract has herbicidal action and was effective in reducing doses of the herbicide 2,4-D. The phytotoxic action of PE can be attributed to its vast chemical composition, which can contribute to both the suppression of weeds and the enhancement of synthetic herbicide action.

Keywords: Wood vinegar; Weed; Bioinputs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processo de obtenção do extrato pirolenhoso	22
Figura 2. plantas em após germinadas em casa de vegetação	39
Figura 3. Percentagem de controle (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo siliconado (B).....	43
Figura 4. Massa seca relativa (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo siliconado (B)	43
Figura 5. Representação visual dos efeitos herbicidas do extrato pirolenhoso nas plantas daninhas. (A) <i>Crotalaria juncea</i> ; (B) <i>Megathyrus maximus</i> ; (C) <i>Senna obtusifolia</i> ; (D) <i>Bidens</i> sp. Imagens a esquerda, plantas submetidas ao tratamento com óleo mineral, plantas	44
Figura 6. Representação visual do efeito herbicida do extrato pirolenhoso na espécie <i>Hypts suaveolens</i> . (A) tratamento com óleo mineral; (B) tratamento com Óleo siliconado.	45
Figura 7. Percentagem de controle (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso comercial + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso comercial + óleo siliconado (B).....	48
Figura 8. Massa seca relativa Massa seca relativa (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso comercial + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso comercial + óleo siliconado (B)	48
Figura 9. Fitointoxicação (%) da <i>Crotalaria juncea</i> após 3, 7 e 15 dias após aplicação (DAA). Letras maiúsculas diferentes entre tratamentos, e minúsculas dentro do mesmo nível, diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	65
Figura 10. Fitointoxicação aos 15 DAA da espécie <i>Crotalaria juncea</i> . Da esquerda para a direita: T1= Testemunha; T2= 0,5L 2,4-D + 1L EP; T3= 1L 2,4-D+ 0,5 L EP; 1,5 L 2,4-D (dose comercial recomendada).	67
Figura 11 Fitointoxicação aos 15 DAA da espécie <i>Senna obtusifolia</i> . Da esquerda para a direita: T1= Testemunha; T2= 0,5L 2,4-D + 1L EP; T3= 1L 2,4-D+ 0,5 L EP; 1,5 L 2,4-D (dose comercial recomendada).	69
Figura 12. Fitointoxicação (%) da <i>Senna Obtusifolia</i> após 3, 7 e 15 dias após aplicação (DAA). Letras maiúsculas diferentes entre tratamentos, diferem entre si pelo teste de	

tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre os tratamentos dentro70

Figura 13. Fitointoxicação aos 15 DAA da espécie *Bidens* spp. Da esquerda para a direita: T1= Testemunha; T2= 0,5L 2,4-D + 1L EP; T3= 1L 2,4-D+ 0,5 L EP; 1,5 L 2,4-D (dose comercial recomendada).73

Figura 14. Fitointoxicação (%) de *Bidens* spp. após 3, 7 e 15 dias após aplicação (DAA). Letras maiúsculas diferentes entre tratamentos, e minúsculas dentro do mesmo nível, diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.....74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros a, b e c e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico e a concentração letal (CL) para controle de 50, 80 e 90% plantas daninhas com extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo mineral (0,5% V/V).	41
Tabela 3. Misturas do herbicida e extrato pirolenhoso utilizados nos 3 experimentos	63
Tabela 4. Controle das plantas daninhas <i>Crotaria juncea</i> aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade	66
Tabela 5. Massa seca de crotalaria juncea aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	68
Tabela 6. Controle (%) de <i>Senna obtusifolia</i> aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	71
Tabela 7. Massa seca relativa (%) de <i>Senna obtusifolia</i> aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes nas colunas e nas linhas, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	71
Tabela 8. Controle (%) de <i>Bidens</i> spp. aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	75
Tabela 9. Massa seca relativa (%) de <i>Bidens</i> spp. aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes nas colunas e nas linhas, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Plantas daninhas	16
2.2 Manejo de plantas daninhas.....	17
2.3 Bioherbicidas	19
2.4 Extrato pirolenhoso.....	20
2.5 Aplicação de extrato pirolenhoso na agricultura	23
2.6 Definição do 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D)	25
2.6 Referências	26
3. Capítulo 1 - Ação herbicida de extrato pirolenhoso no controle de plantas daninhas	34
3.1 Introdução.....	36
3.2 Material e métodos	38
3.2.1 Extratos pirolenhosos utilizados na pesquisa	38
3.2.2 Plantas daninhas estudadas	38
3.2.3. Delineamento experimental e execução do experimento	39
3.2.4. Variáveis avaliadas	40
3.2.5 Análise estatística	40
3.3 Resultados e discussões	41
3.5. Referências.....	55
4. Capítulo 2 - USO DE EXTRATO PIROLENHOSO PARA REDUÇÃO DE DOSES DE 2,4-D.....	59
4.1 INTRODUÇÃO.....	61
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
4.2.1 Material vegetal utilizado.....	63
4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	63
4.2.3. Variáveis avaliadas	64
4.2.4 Análise estatística	64
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.4 Conclusões	78

4.5 Referências.....	79
Apendices	83

1. INTRODUÇÃO GERAL

As culturas agrícolas podem ser afetadas por diversos fatores fitossanitários, dentre os quais, pode-se destacar as plantas daninhas, que acarretam significativas reduções no rendimento das culturas, devido a competição direta por recursos do meio, como água, nutrientes e luz solar, além de indiretamente ocasionar danos, uma vez que são hospedeiras de pragas e doenças (Liebamn *et. al.*, 2016).

Por serem adaptadas ao meio, possuírem crescimento rápido e vigoroso, e terem a capacidade de permanecer com seus propágulos por muito tempo no solo, as plantas daninhas tendem a ser mais eficientes que as culturas cultivadas na exploração por recursos. Com isso, há uma grande redução da produtividade, ocasionando prejuízos tanto para a produção, como no aumento dos custos operacionais. Nas principais culturas agrícolas produzidas, o manejo de plantas daninhas podem chegar a a 30% dos custos de operação, e quando não manejadas adequadamente, podem ocasionar uma redução de até 90% da produtividade (Maclaren *et. al.*, 2020; Rosseto; Santiago, 2022).

Devido a importância das plantas daninhas, os métodos de controle, sejam eles biológicos, mecânicos, culturais e químicos, devem ser aperfeiçoados, desde que mantenham a qualidade da produção, e mitiguem ao máximo os danos ao meio ambiente e ao homem. Dentre estes métodos convencionais, destaque-se o controle químico, com a utilização de herbicidas sintéticos, que apesar de eficiente, vem gerando uma série de discussões devido aos possíveis danos diretos e indiretos tanta a saúde humana como ao meio ambiente, principalmente devido à má utilização (Ash, 2010; Brussasrd *et al.*, 2010; Cordeau *et al.*, 2016; Stefanski *et al.*, 2019; Weirich *et al.*, 2018).

Além dos problemas ambientais e da saúde humana, outra discussão importante sobre o controle químico, é a resistência das plantas daninhas as moléculas dos herbicidas, o que tem sido um grande problema em diversas regiões do mundo. Com isso, surge a demanda da descoberta de novos compostos de origem natural, conhecidos como bioherbicidas, que podem ser utilizados como alternativas complementares ou até mesmo para a criação de novos produtos comerciais no manejo de plantas daninhas (Bastos, 2016; Lopes *et al.*, 2022; Scavo, 2019)

Dentre os bioinsumos que possuem potencial para serem utilizados como bioherbicidas, está o extrato pirolenhoso, um produto oriundo da pirólise de madeira, que ao condensado, forma um extrato aquoso de cor avermelhado, rico em fenóis, ácidos orgânicos, aldeídos, cetonas e outros compostos orgânicos (Rocha, *et al.* 2022).

Na literatura, pode-se encontrar diversas aplicações do extrato pirolenhoso, na qual se destaca o seu uso na indústria farmacêutica, alimentícia e de cosméticos. É sabido que na agricultura também se utiliza para diversos fins, apresentando bastante eficiência no controle de pragas, no condicionamento de crescimento de mudas e germinação de sementes, fertilizante orgânico e como agente quelante (Schnitzer, 2015; Silva *et al.*, 2018).

Estudos referentes ao uso de extrato pirolenhoso no manejo de plantas daninhas ainda são escassos, porém existem indicações da sua utilização no manejo pré-emergência de algumas espécies, e também como adjuvante, promovendo além da inibição da germinação das sementes das plantas estudadas, como também na redução de doses de herbicidas na qual foi associado (Lourenço *et al.* 2021; Rocha *et al.* 2022; Zeferino; Lima; Viera, 2018).

A combinação do extrato pirolenhoso na redução de doses de herbicidas é uma alternativa que surge com alto potencial de aplicabilidade prática no campo, necessitando de mais estudos que comprovem essa associação de maneira eficaz, especialmente com os herbicidas auxínicos, como o 2,4-D, a segunda molécula mais utilizada no Brasil, bastante importante em culturas como cana-de-açúcar, milho e pastagens.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial herbicida do extrato pirolenhoso no manejo em pós-emergência de plantas daninhas, e o seu uso na combinação com o herbicida 2,4-D.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plantas daninhas

As plantas daninhas fazem parte da história e desenvolvimento da humanidade, desde o surgimento das atividades agrícolas, na qual se fez necessário o desenvolvimento de ferramentas para eliminar as plantas indesejadas. Ao manejar o ambiente propício para a domesticação, o ser humano também criou condições favoráveis para as plantas ruderais, uma vez que elas ainda não possuíam o conceito de daninhas. Relatos sobre a problemática das plantas daninhas podem ser encontrados até mesmo na Bíblia, com menções de até 1400 A.C (Brighenti; Oliveira, 2011; Lima et. al., 2022)

Por definição, as plantas daninhas são conceituadas como qualquer planta que cresça em local indesejado e que cause interferência negativa nas atividades humanas. Na agricultura, os impactos das plantas daninhas são diversos, influenciando negativamente no rendimento da cultura, aumentando o custo de produção e mitigando a qualidade das lavouras e de pastagens (Siqueira *et. al.*, 2021).

A principal interferência das plantas daninhas na agricultura, são de ordem direta, entre os quais estão a competição por recursos, a alelopatia e o parasitismo. Dessas ações, a competição por recursos, como água, luz e nutrientes, pode ser citada como a principal causa da redução da produtividade, uma vez que devido a sua adaptação aos diversos ambientes e crescimento rápido, elas acabam se sobrepondo a cultura de interesse (Agostinetto; Ulguim; Vargas, 2022).

Vale destacar que estas espécies possuem estratégias ecológicas que permitem que as mesmas se perpetuem ao longo do tempo no ambiente, como por exemplo a dormência de sementes, que possibilita que haja a germinação de maneira desuniforme, mesmo apresentando condições ambientais favoráveis, dificultando assim o manejo. Além disso, muitas espécies possuem mecanismos de propagação vegetativos, como bulbos, rizomas e raízes, que ao menor dano mecânico ocasionados pelas práticas culturais ou herbivoria, podem aumentar o nível de infestação (Brighenti; Oliveira, 2011).

Quando se fala dos prejuízos ocasionados pelas plantas daninhas, deve-se levar em consideração não apenas a perda da produtividade e os danos diretos

ocasionados por estas a cultura, uma vez que também são hospedeiras naturais de pragas e doenças que causam danos as lavouras, além de aumentar os custos da produção devido a interferência em práticas culturais, prejudicando as operações de máquinas e de colheita (Barbosa *et. al.*, 2020; Barbosa Júnior; Ribeiro; Silva, 2022).

Além disso, as plantas daninhas elevam os custos com mão de obra que devem ser empregados em seus diversos tipos de manejo, e dependendo do grau de infestação e da espécie, podem reduzir o valor das terras agrícolas. Desta forma, deve se pensar em um manejo que seja eficiente para reduzir os impactos ocasionados na produção, além de danos ambientais que as espécies invasoras podem ocasionar (Carvalho, 2013).

2.2 Manejo de plantas daninhas

Considerando que as plantas daninhas são o fator biótico de maior impacto na agricultura, o controle adequado é fundamental para a produção agrícola de qualidade, uma vez que visa mitigar os efeitos destas na cultura de interesse, e maximizar o potencial produtivo.

Os métodos de controle das plantas daninhas são bastante variados, e em um manejo eficiente, nunca devem ser utilizados isoladamente. De antemão, usar medidas preventivas para evitar a disseminação das plantas daninhas, é fundamental para que assim diminua o índice de infestação nas diferentes fases da cultura. Dentre essas medidas, destaca-se a inspeção de mudas e propágulos livres de plantas infestantes, limpeza de maquinários e implementos agrícola quando utilizados em áreas distintas, evitar o trânsito de animais que possam levar propágulos de outras áreas, e cuidado ao utilizar esterco e outros substratos que não possuem garantia de procedência (Nicoletti, 2019; Martim; Pires; Vey, 2022).

No geral, o controle de plantas daninhas pode incluir métodos biológicos, mecânicos, culturais e químicos, que devem ser utilizados em conjunto, desde que observada a característica do solo, clima, níveis de infestação, disposição e situação financeira do produtor, bem como o retorno econômico da cultura (Morota *et. al.*, 2020).

Em um manejo integrado, a combinação dos métodos de controle é fundamental, como por exemplo, utilizar estratégias culturais como: espaçamento adequado, cobertura morta, adubação verde, sistema de plantio, atrelados ao controle

mecânico, como o roço nas entrelinhas combinados com controle químico, podem favorecer as lavouras, e propiciar condições adequadas para se desenvolverem de maneira mais sustentável (Nunes; Trezi; Sebastiane, 2010; Sausen *et. al*, 2020; .

O controle químico é o método de controle mais utilizado no Brasil e no mundo. De acordo com os dados do IBAMA (2023), três das cinco principais moléculas de defensivos agrícolas comercializadas no Brasil, são caracterizadas como herbicidas, são elas o glifosato e seus sais, o 2,4-D e a atrazina, ocupando assim as primeiras posições.

A priorização pelo controle químico pelo produtor, se dá principalmente devido a sua eficácia, resultados rápidos que permitem uma maior flexibilidade nos demais manejos da cultura, e muitas vezes, melhor custo benefício, pois requer menor trabalho manual, diminuindo assim os custos de produção (Lacerda, 2021; Varga; Peixoto; Roman, 2006) .

A utilização de composto químicos para o controle de pragas e doenças não é recente. No manejo de plantas daninhas, destaca-se como pioneiro o Sinox - edinitrocresilato de sódio, composto orgânico descoberto na França em 1886. Posteriormente, em 1932, foi introduzido o 2-(1-metilpropil) -4,6-dinitrofenol (dinoseb), também na França, utilizado em lavouras de cereais, para o controle de eudicotiledôneas e monocotiledôneas (King, 1966; Rosa *et. al*, 2023)

Apenas com a descoberta do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e seus derivados, considera-se o marco inicial da era comercial dos herbicidas. O 2,4-d, é um herbicida sistêmico, seletivo para plantas de folhas largas, pertencente a classe dos ácidos fenoxiacéticos. Sua função ocorre como mimetizador das auxinas naturais, induzindo ao crescimento desordenado das plantas e de novas brotações, ocasionando a morte das plantas alvo (França; Possenti; Santana, 2023; Oliveira, 2017).

Não por acaso, este herbicida por ser o primeiro amplamente utilizado, foi o pioneiro nas observações de resistência de plantas daninhas em populações de *Daucus corota* e *Commelina difusa*, ambos no hemisfério norte, em 1957 (Schulz, Segobye, 2016).

Apenas no Brasil, estima-se que mais de 28 espécies de plantas daninhas possuem algum grau de resistência a pelo menos 15 mecanismos de ação, ocasionando um prejuízo anual por volta de R\$ 9 bilhões apenas na cultura da soja (Dias; Bianchi; Perissato, 2020).

Diante do que foi exposto acima, os diferentes setores da sociedade que trabalham com pesquisa agropecuária, vêm buscando alternativas para o manejo de plantas daninhas de maneira eficiente, como a combinação de moléculas já conhecidas com práticas culturais já consolidadas, como culturas de crescimento rápido e agressivas contra as daninhas, rotação de culturas, organismos geneticamente modificados, e a descoberta de novos produtos de origem natural (Peroti *et. al.*, 2020).

Os produtos de origem natural que possuem potencial para serem utilizados na supressão de plantas daninhas, em sua maioria são fitotoxinas oriundas de atividades alelopáticas de outras plantas, mas também existem diversos outros organismos capazes de desenvolverem substâncias que inibam ou retardem o crescimento vegetal, como os actinomycetota e fungos (Vurro, 2023).

A descoberta desses produtos naturais é fundamental para a produção de novos produtos químicos, que podem ter uma ampla utilização na agricultura, seja como agente de aplicação direta no controle, ou como aleloquímicos.

2.3 Bioherbicidas

Pode-se conceituar bioherbicidas como produtos desenvolvidos através de seres vivos, como plantas e microrganismos, e seus metabolitos secundários produzidos, que ofereçam eficácia na supressão de plantas (MOUSAVI *et al.*, 2021). Além das resistências das plantas daninhas aos herbicidas, outros fatores contribuem para que haja mais estudos e aplicações destes produtos, como os impactos ambientais, a crescente conscientização da sociedade sobre a preservação ambiental e qualidade de vida, e as pressões internacionais sobre a sustentabilidade na agricultura (Bastos, 2016).

A diversidade estrutural das fitotoxinas naturais, abre uma gama de possibilidades para futuras aplicações comerciais dessas moléculas, e que podem ser utilizadas em diferentes modos de ação. Vale salientar que a aplicação destes produtos deve exigir uma boa eficácia, e manter a qualidade da produção, e diminuir os efeitos adversos ao meio ambiente e a salubridade dos trabalhadores (Dayan; Duke, 2014).

Os bioherbicidas a base de fungos, chamados de micoherbicidas, são os que atualmente possuem maior potencial, uma vez que são o que possuem maior número de registros ao redor do mundo, apesar de que no Brasil, nenhum bioherbicida, independente da origem, tenha sido registrado (Hasan *et. al.*, 2021; UFSM, 2023).

Os efeitos dos aleloquímicos produzidos pelas plantas não é de conhecimento recente. Teofrasto, ~~pai da botânica~~, já mencionava o efeito adverso de várias plantas sobre as outras a 300 A.C. Outros observadores como Browne em 1658, Young em 1804, também fizeram menções a essas observações (Dias; Souza Filho, 2005).

Em estudos recentes, Ferreira *et. al.* (2020), ao estudar o efeito de extrato de *Scoparia dulcis* L. sobre as plantas de *Lactuca sativa* L. *Emilia fosbergii* Nicolson, *Portulaca oleracea* L. e *Digitaria insularis* L., causou interferência na germinação e no crescimento inicial das plantas alvos. Pereira *et. al.* (2019) ao testar o efeito do extrato etanólico de *Canavalia ensiformis* L., em *Lactuca sativa* L, *Portulaca oleracea* L. e *Digitaria insularis* L. também inibiu a germinação das plantas alvos e morta de plantas jovens.

Além de dos extratos das partes áreas e raízes de plantas, que produzem aleloquímicos com potencial para serem utilizados no manejo de plantas daninhas, também destacam-se os óleos essenciais de diferentes espécies vegetais. Estudos mostram que a aplicação de óleos essenciais, podem inibir a germinação e causar fitotoxicação em diversas espécies de plantas daninhas, mostrando a importância desses insumos como agentes bioherbicidas promissores (Araújo *et. al.*, 2021; Ootaji *et. al.* 2013; Souza Filho *et al.*, 2009).

2.4 Extrato pirolenhoso

O extrato pirolenhoso, também conhecido como ácido pirolenhoso ou vinagre de madeira, é um composto resultante da pirólise de resíduos vegetais e de outros compostos orgânicos, na ausência de oxigênio, que após condensado, forma um ácido carboxílico de alta complexidade, produto da reação química de diversos compostos orgânicos, como celulose, hemicelulose e lignina (Figueira *et. al.*, 2022; Silva, 2019)

A principal matéria prima para obtenção do extrato pirolenhoso, é a biomassa vegetal, muito utilizada na indústria em caldeiras e fornos industriais. Estima-se que

no Brasil, 8% da matriz energética, é proveniente da queima de biomassa e da produção de carvão, no qual é estimado em 5,2 milhões de toneladas anuais. Nesse contexto, a condensação da fumaça gerada nesse processo, não apenas diminui a emissão de gases de efeito estufa, como também permite o reaproveitamento para a produção de biolóleo e extrato pirolenhoso que possuem diversas aplicações (Conjo *et. al.*, 2021; Silva *et. al.*, 2021).

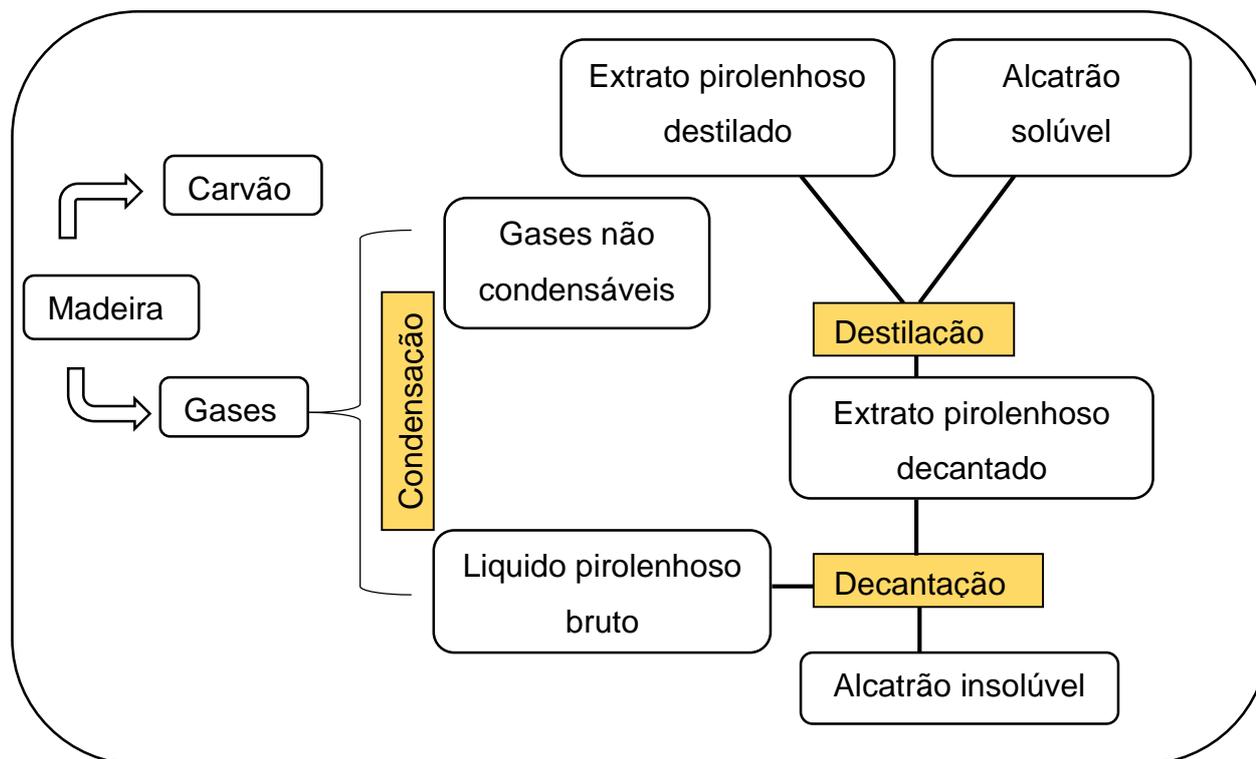
Durante o processo de pirólise, a condensação da fumaça forma um líquido que apresenta duas fases, uma orgânica com alta viscosidade, com aspecto oleoso, insolúvel em água e rico em alcatrão. A segunda fase, é o extrato pirolenhoso propriamente dito, com aspecto amarronzado ou amarelo, com alta complexidade em sua composição, a depender da constituição do material vegetal, com componentes como ácido acético, ácidos fórmicos, propiônico, valérico, álcoois, compostos fenólicos e aldeídos (Pesenti, 2021; Vieira, 2019)

Normalmente, a separação das fases acontece quando o percentual da fração aquosa, atinge o percentual máximo da fase orgânica oleosa, que é de 30 a 45%, desta forma, pode submeter o produto a processos físicos de purificação, como filtração, decantação e destilação, também é possível realizar essa separação das fases por métodos de extração por solventes (Vieira, 2019).

É importante destacar que o processo de separação das fases deve ser feito de maneira cautelosa e eficaz, pois é de suma importância para a obtenção de um material puro, uma vez que o alcatrão pode ter efeitos maléficos a saúde humana, principalmente se houver a presença de hidrocarbonetos de cadeias aromáticas, que possuem efeito multagênicos e genotóxicos, por isso em processos industriais recomenda-se a destilação a vácuo no final do processo (Rocha *et. al.*, 2022).

A figura 1 apresenta o fluxograma do processo de carbonização da madeira e a extração do extrato pirolenhoso.

Figura 1. Processo de obtenção do extrato pirolenhoso



Fonte: Adaptado de Myasaka *et. al.*, (1999)

O extrato pirolenhoso possui diversas aplicações, que vão desde a agricultura, produção de cosméticos, indústria alimentícia e farmacêutica. Seu uso tem se popularizado no mundo, porém historicamente, países orientais como a Japão, China e Tailândia faz seu uso de forma milenar, principalmente na produção de alimentos e de medicinal.

Almeida (2012), ao realizar trabalhos sobre a composição química de extrato pirolenhoso obtidos a partir da carbonização da madeira de eucalipto, encontrou componentes químicos derivados do alcatrão, como corilon (2-hidroxi-3-metil 2-ciclopentan-1-ona; mequinol (4-metoxifenol; 2-metoxi 4 metifenol; 1,2,4-trimetoxibenzeno, compostos utilizados na produção de agentes antifúngicos, aromáticos e inseticidas, recomendados para a produção de saneantes.

Em estudos realizados por Candido *et. al.* (2023), sobre a caracterização físico-química de extratos pirolenhosos de casca de coco, acácia negra e eucalipto, foram identificados além dos agentes antifúngicos e microbianos de origem fenólicas, a presença do ácido propanoico, amplamente utilizado na indústria alimentícia como conservante em alimentos. Além disso, compostos como aldeídos, cetonas alifáticos, guaicol, e seringol, que dão os alimentos cárneos a coloração característica da fumaça

e aroma da defumação também foram encontrados, o que justifica a utilização para esse fins na indústria alimentícia.

Em suma, o extrato pirolenhoso possui uma gama de compostos orgânicos que podem passar de 200 moléculas, que devido a essa diversidade estrutural e as diferentes aplicações destes, permitiu que entre os anos de 1981 a 2009, fossem depositadas 11 patentes. Porém, ainda há bastante campo a ser explorado, uma vez que a temperatura da pirólise, tempo de combustão, matéria prima, tipo de forno, pode modificar as características físico-químicas dos extratos, o que possibilita a descoberta de novas tecnologias (Rocha, *et. al.*, 2022).

2.5 Aplicação de extrato pirolenhoso na agricultura

Os extratos pirolenhos possuem diversas aplicações na agricultura, apresentando eficiência no uso de controle de pragas e doenças, condicionante de crescimento de mudas e germinação de sementes, fonte de adubação, e como agente quelante (Campos, 2007; Matwhe. 2015; Silva *et al*, 2018).

Nas últimas décadas, o interesse pela utilização do extrato pirolenhoso na agricultura, fomentou diversos trabalhos científicos com a finalidade do seu aproveitamento como fertilizante orgânico. Sua utilização para esse fim, demonstrou-se útil nas culturas do tomate (Mungkunkamchao, 2013), no pepino (Pan *et. al.* 2017; Yarsi, 2023) e soja (Pangnakorn, 2009). Em estudos realizados no cultivo de arroz de terras altas, foi verificado que a aplicação de extrato pirolenhoso da casca de coco na concentração 1:20 (EP/água), aumentou o número de panículas, o rendimento e o peso dos grãos, e também aumentou a eficiência da absorção de NPK em 50% (Ahadiyat; Hadi; Herliana, 2018).

No controle de pragas, a utilização de extrato pirolenhoso se mostrou eficiente no manejo de *Spodoptera frugiperda*, onde se verificou que o uso do extrato reduziu o ciclo de vida do inseto (Trindade *et. al.*, 2014). Também foi verificado a ação inseticida em aplicações de larvas de *Plutella xylostella*, a traça das crucíferas (Amaral 2021). Em estudos realizados por Alves *et. al.* (2007), verificou-se que a utilização de extrato na concentração 1:150 (EP/água) promoveu a mortalidade significativa de *Brevipalpus phoenicis*, o acário da leprose dos citros.

Outros estudos demonstram que o extrato pirolenhoso tem uma importante ação antifúngica em microrganismos fitopatogênicos como *Fusarium* sp., *Ganoderma* sp., *Macrophomina* sp. e *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia Solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina* e *Colletotrichum truncatum*, afetando o tamanho da colônia inibindo o crescimento micelial (Caramelo *et. al.*, 2022; Maciel, 2020; Pieta *et. al.*, 2021).

Diferentes trabalhos tem demonstrado a ação nematicida do extrato pirolenhoso no controle de *Meloidogyne* spp., conhecido como nematoide das galhas. Santos *et. al.* 2017 , avaliando a ação do extrato no manejo de *Meloidogyne incógnita* na cultura do alface, verificou a redução do parasitismo já na baixa concentração (5%), reduzindo o número de galhas e a massa seca de ovos da espécie com relação a testemunha. Em estudos promovidos por Miranda (2021) e Sampaio *et. al.* (2022) em frutíferas, verificou-se que o extrato pirolenhoso também apresentou redução do parasitismo, diminuição do número de galhas, redução da quantidade de ovos e mortalidade de juvenis de *Meloidogyne* spp, reforçando a atividade nematicida dos extratos pirolenhosos para o controle de nematoides.

Em estudos realizados sobre manejo de plantas daninhas, para avaliar o uso de extratos pirolenhosos como adjuvante do herbicida oxifluorfen, verificou-se que a combinação de 480 g.i.a ha⁻¹ + 2 litros de extrato pirolenhoso, inibiu a germinação de sementes de *Brachiaria decumbens*, *Bidens pilosa* e *Amaranthus viridis*, superando inclusive a dose comercial recomendada para o produto (Zeferino, Lima e Vieira, 2018). Os autores também constataram que o uso do extrato pirolenhoso puro em altas concentrações, apresentaram ação herbicida para as mesmas espécies. Resultados também semelhante encontrado por Lourenço *et al.* (2021), que constataram a ação inibidora de germinação de *Brachiaria brizantha* cv. *Piatã*, ao serem submetidas a doses elevadas de extrato pirolenhoso obtido através da carbonização de *Eucalyptus grandis*.

Essas ações biopesticidas ocorrem devido a grande diversidade química do extrato pirolenhoso. Em trabalhos realizados por Cândido *et. al.* (2023), na qual avaliou as características físico-químicas de extrato pirolenhoso da casca do coco, eucalipto e acácia negra, foi verificado que em todos os extratos possuíam em sua composição compostos como ácido acético, que além de ação herbicida também possui ação contra fungos de solos que causam podridão em raízes; furfural, que possui ação nematicida e fungicida; 2-metoxi-4-(1-propenil)- fenol; isoeugenol, 4-etil-

fenol, 2,6-dimetoxifenol (siringol), Vanilina; 4-hidroxi-3-metoxi-benzaldeído que possuem ação fungicida; e 2-metil-1,4-benzenodiol e 2-metilhidroquinona que possuem ação herbicida.

2.6 Definição do 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D)

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) é um herbicida utilizado na agricultura no controle de plantas daninhas dicotiledôneas. Essa molécula pertence à classe de herbicidas auxínicos, substâncias que mimetizam o efeito da auxina natural produzido pelas plantas, levando ao crescimento descontrolado de tecidos e morte das plantas indesejadas. Por ser um herbicida seletivo para plantas de folhas largas, o 2,4-D é amplamente aplicado em culturas como arroz, trigo, milho, cana-de-açúcar e pastagens, contribuindo significativamente para a manutenção da produção dessas culturas (Chen *et al.*, 2024).

A aplicação do 2,4-D se dá principalmente por meio de pulverização direta, permitindo o combate eficaz de plantas daninhas que competem com as plantas cultivadas por recursos essenciais (Marcato; Souza; Fontanetti, 2017). Sua popularidade se deve, em grande parte, ao seu baixo custo e alta eficiência, tornando-o uma escolha comum entre os agricultores.

Apesar de sua ampla utilização, o uso do 2,4-D não está isento de impactos ambientais, como a contaminação do solo e da água, e afetar organismos não-alvo, como a microbiota do solo e organismos aquáticos. Além disso, há preocupações com a potencial toxicidade para a saúde humana, especialmente em casos de exposição prolongada. Desta forma, se faz necessário alternativas para mitigar os impactos que ocasionalmente possam acontecer a saúde humana ou ambiental, desenvolvendo alternativas para remediação ou diminuição das doses utilizadas (Magnoli *et al.*, 2020).

2.6 Referências

- AGOSTINETTO, D. ULGUIM, A. R. VARGAS, L. Manejo de Plantas Daninhas em Sistema Plantio Direto. In: **SISTEMA plantio direto no Brasil** [livro eletrônico]. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte Editora, 2022. Cap. 4. p. 106-118.
- AHADYAT, Y. R.; HADI, S. N.; HERLIANA, O. Application of wood vinegar coconut shell and NPK fertilizer to maintain sustainable agriculture of upland rice production. **Journal Of Degraded And Mining Lands Management**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 1245-1250, 1 abr. 2018.
- ALMEIDA, R. S. R. **Potencial do extrato pirolenhoso da madeira de eucalipto como agente conservante de cosméticos e saneantes**. 2012. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- ALVES, M; CAZETTA, J. O.; NUNES, M. A.; OLIVEIRA, C. A. L.; COLOMBI, C. A.. Ação de diferentes preparações de extrato pirolenhoso sobre *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 382-385, 2007.
- ARAÚJO, G. R.; ERASMO, E. A. L.; DA SILVA, P. P.; OLIVEIRA, D. I.; GONÇALVES, F. B.; BORGES, K. S.; RAMOS, N. da S.; RODRIGUES, R. de C. M. Potencial alelopático de óleo de eucalyptus e de Capim citronela no controle de plantas daninhas / Allelopathic potential of eucalyptus and lemongrass oil in weed control. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 5, p. 44248–44256, 2021. DOI: 10.34117/bjdv.v7i5.29213. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29213>. Acesso em: 5 jan. 2024.
- ASH, G. J. The science art business of succesful bioherbicides. **Biological Control**, v.52, n.3, 230-240, 2010.
- BARBOSA, J. P. F.; EFIGÊNIA DA SILVA, J.; SILVA, D. J.; PINHEIRO, R. A.; LEITE, R. A.; SANTANA, L. S.; ALVES DE SOUZA, T.; BARROS, R. P. Registro da associação entre afídeos (Hemiptera: Aphididae) e plantas daninhas em cultivo orgânico e convencional de hortaliças. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 5, ed. 1, p. e9851, 2020. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/9581>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- BARBOSA JÚNIOR, M. R.; RIBERIO, N. M. DA SILVA, R. P. Monitoramento de Plantas daninhas com VANTS'S. In: **Fundamentos em biologia e manejo de plantas daninhas**. São Luis: EDUFMA, 2022. p. 13-28.
- BASTOS, J. O. Obtenção de bioherbicidas a partir de fungo isolado do bioma Mata Atlântica. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2016.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. *In*: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTINE, J.; INOUE, N. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 1-36.

BRUSSASRD, L.; CAMPBELL, B.; LIPPER, L.; MAINKA, S.; RABBINGE, R.; BABIN, R.; PULLEMAN, M. Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, p.34-42, 2010.

CÂNDIDO, N; MODOLO, L.; PASA, V.; FÁTIMA, A. EXTRATOS PIROLENHOSOS DE CASCA DE COCO, ACÁCIA NEGRA E EUCALIPTO: caracterização físico-química e avaliação in vitro como potenciais inibidores da urease. **Química Nova**, [S.L.], p. 961-971, 2023.

CARAMELO, C. dos S.; PAZ, J. R.; FIGUEIREDO, A. M. da C. de; GIBBERT, L. F.; EBURNEO, L.; MAGALHÃES, A.; SILVA, Z. M. D. Efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento in vitro do *Rhizoctonia Solani* em Alta Floresta – MT / Effect of pyroligneous extract in the development in vitro of *Rhizoctonia Solani* in Alta Floresta - MT. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 8, n. 6, p. 48168–48179, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n6-359. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/49717>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Lages: Edição do autor, 2013. 92 p.

CHEN, S.-F.; CHEN, W.-J.; SONG, H.; LIU, M.; MISHRA, S.; GHORAB, M. A.; CHEN, S.; CHANG, C. Microorganism-Driven 2,4-D Biodegradation: Current Status and Emerging Opportunities. **Molecules**, v. 29, n. 16, p. 3869, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules2916386>. Acesso em: 11 jan. 2025.

CONJO, M. P. F.; CHICHANGO, D. B.; JESUS, O. M.; SOUZA, P. P. PROPOSTA DE INTRODUÇÃO DO MODELO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL UTILIZADO NO BRASIL EM MOÇAMBIQUE COMO FORMA DE REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DERIVADOS DO PROCESSO. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 7, n. 12, p. 1277–1293, 2021. DOI: 10.51891/rease.v7i12.3572. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/3572>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CORDEAU, S.; TRIOLET, M.; WAYMAN, S.; STEINBERG, C.; GUILLEMIN, J.P. Bioherbicides: dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. **Crop Protection**, v. 87, p. 44-49, 2016.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Natural compounds as next-generation herbicides. **Plant Physiol**, v. 166, p.1090-1105, 2014.

DIAS, A. P. C.; SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de em extratos hidroalcoolicos de *Cymbopogon* sp. (Poacea), **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 44, p. 37-48, 2005.

DIAS, V. M. A. R. C.; BIANCHI, L.; PERISSATO, S. M. Daninhas: Prejuízo de R\$ 9 bilhões por ano. **Campos & Negócios**, Uberlândia, p. Online, 18 jul. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/daninhas-prejuizo-de-r-9-bilhoes-por-ano/>. Acesso em: 8 jan. 2024.

FERREIRA, E. V. R.; FRANCO, S. P. B.; SANTOS, A. F.; SOUZA, R. C.. Atividade alelopática da vassourinha (*Scoparia dulcis* L.) na germinação de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 1-7, 2021. DOI: 10.5039/agraria.v15i2a7368. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v15i2a7368>. Acesso em: 3 jan. 2024.

FRANÇA, R. S. S. R. S. de; POSSENTI, J. C.; SANTANA, A. B. 2,4-D herbicide toxicity on *Beta vulgaris* L. (beet) seed germination. **Brazilian Journal of Science**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 34–41, 2023. DOI: 10.14295/bjs.v2i1.218. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/revista/article/view/218>. Acesso em: 21 jan. 2024.

HASAN, M.; AHMAD-HAMDANI, M. S.; ROSLI, A. M.; HAMDAN, H. Bioherbicides: An Eco-friendly tool for sustainable weed management. **Plants**, Basel, v. 10, n. 6, p. 1212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390%2Fplants10061212>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8232089/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

King, J. J. 1966. *Weeds of the World: Biology and Control*. Interscience, New York.

LACERDA, M. L.; SOARES SILVA, D. L.; ASPIAZÚ, I.; JOSÉ DE CARVALHO, A.; MARIA DE OLIVEIRA, S.; FERNANDES SILVA, R. FITOSSOCIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS EM CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI NO SEMIÁRIDO MINEIRO. **Nativa**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 528–535, 2023. DOI: 10.31413/nativa.v9i5.11210. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/11210>. Acesso em: 21 jan. 2024.

LIMA, M. E. C.; KRUK, B. C.; FERRÃO, G. E.; ALMEIDA, E. I. B.; ARAÚJO, R. C. A. Introdução à Ciência das Plantas Daninhas. In: **Fundamentos em biologia e manejo de plantas daninhas**. São Luis: EDUFMA, 2022. p. 13-28.

LOPES, R.W.N.; MORAIS, E.M.; LACERDA, J.J.J.; ARAUJO, F.D.S.; Bioherbicide potential of plant species with allelopathic effects on the weed *Bidens bipinnata* L. **Scientific Reports**, London, v. 12, n. 1, p. 13476, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13476-2>. Acesso em: 3 Jan. 24.

LOURENÇO, Y. B. C.; LIMA, N. S.; SOUZA, E. C.; SILVA, B. R. F.; SILVA, K. C. A.; GOMES, S.H. B. Influência do extrato pirolenhoso na germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.3, p. 31016-31035, 2021.

LIEBMAN, M.; BARAIBAR, B.; BUCKLEY, Y.; CHRISTENSEN, S.; COUSENS, R.; EIZENBERG, H.; HEIJTING, S.; LODDO, D.; MEROTTO JR, M.; RENTON, M.; RIEMENS, M. Ecologically sustainable weed management: How do we get from

proof-of-concept to adoption. **Ecological Applications**, Washington, v. 26, p. 1352–1369, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/15-0995>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/15-0995>. Acesso em: 8 jan. 2024.

MAGNOLI, K.; CARRANZA, C. S.; ALUFFI, M. E.; MAGNOLI, C. E.; BARBERIS, C. L. Herbicides based on 2,4-D: Its behavior in agricultural environments and microbial biodegradation aspects. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 38501–38512, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10370-6>. Acesso em: 11 jan. 2025

MARCATO, A. C. de C.; SOUZA, C. P.; FONTANETTI, C. S. Herbicide 2,4-D: A **Review of Toxicity on Non-Target Organisms**. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 228, p. 120, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3301-0>. Acesso em: 11 jan. 2025.

MACIEL, E. R. F. **Extrato pirolenhoso no controle de microorganismos fitopatogênicos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, 2020.

MACLAREN, C.; STORKEY, J.; MENEGAT, A.; METCALF, H.; DEHNEN-SCHMUTZ, K. An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Gewerbestrasse, v. 40, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-020-00631-6>. Acesso em: 7 jan. 2024.

MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. **Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja**. Santa Maria: Editora GR, 2022. 528 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. **IBAMA**, Brasília, 29 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 14 jan. 2024.

Miranda, I. S. **Avaliação qualitativa do uso de extrato pirolenhoso no controle nematoides das galhas (*Meloidogvne spp.*) na cultura da acerola**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, PE, 33 f., 2021.

MOUSAVI, S. S.; KARAMI, A.; HAGHIGHI, T. M.; ALIZADEH, S.; MAGGI, F. Phytotoxic Potential and Phenolic Profile of Extracts from *Scrophularia Striata*. **Plants**, v. 10, n. 135, p. 1-18, 2021.

MOROTA, F. K.; BIFFE, D. F.; MENDES, R. R.; MATIUZZI, M. D.; RAIMONDI, R. T.; FERNANDES, L. F. MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM FRUTÍFERAS TROPICAIS:

ABACAXIZEIRO, BANANEIRA, COQUEIRO, MAMOEIRO E MARACUJAZEIRO. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 1, 2020.

MUNGKUNKAMCHAO, Tuntika; KESMALA, Thawan; PIMRATCH, Sumran; TOOMSAN, Banyong; JOTHITYANGKON, Darunee. Wood vinegar and fermented bioextracts: natural products to enhance growth and yield of tomato (*solanum lycopersicum* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v. 154, p. 66-72, maio 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423813000940>. Acesso em: 05 jan. 2024.

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 69, ed. 2, p. 299-304, 2010.

NICOLETTI, T. R S. Interferência das plantas daninhas e seus métodos de controle. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. e311129, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i1.1129. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1129>. Acesso em: 21 jan. 2024.

OLIVEIRA, A. Com mais de 70 anos de existência, o herbicida 2,4-D é um aliado do produtor rural no controle de plantas daninhas. **Revista Cultivar**, Pelotas, 16 nov. 2017. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/com-mais-de-70-anos-de-existencia-o-herbicida-2-4-d-e-um-aliado-do-produtor-rural-no-controle-de-plantas-daninhas>. Acesso em: 3 jan. 2024.

Ootani, M. A., Aguiar, R. W. de S., Ramos, A. C. C., Brito, D. R., da Silva, J. B., Cajazeira, J. P., ... Cajazeira, J. P. (2013). Utilização de Óleos Essenciais na **Agricultura**. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 4, n. 2, p. 162–174. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v4n2.ootani>. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/549>. Acesso em: 04 de jan. 2024.

PAN, X.; ZHANG, Y.; WANG, X.; LIU, G. Effect of adding biochar with wood vinegar on the growth of cucumber. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, Londres, v. 61, p. 012149, abr. 2017. IOP Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/61/1/012149>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/61/1/012149/meta>. Acesso em: 05 jan. 2024.

PEREIRA, J. C; PAULINO, C. L. A; GRANJA, B. S.; SANTANA, A. E. G.; ENDRES, L; SOUZA, R. C. Potencial alelopático e identificação dos metabólitos secundários em extratos de *Canavalia ensiformis* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 3, p. 243-252, jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201865030004>.

Perotti, V. E., Larran, A. S., Palmieri, V. E., Martinatto, A. K., Permingeat, H. R. (2020). Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies. **Plant science: an international journal of experimental plant biology**, v. 290, n. 110255, p. 110255,

2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110255>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945219300585?via%3Dihub>. Acesso em: 3 jan. 2024.

PESENTI, M. C. **Caracterização química do extrato pirolenhoso obtido a partir de *Eucalyptus grandis* e testes alelopáticos da fração destilada**. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

PIETA, S; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A; JORDAN, R. A. Eficácia dos extratos pirolenhosos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e eucalipto (*Eucalyptus* spp.) no controle in vitro de patógenos da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 47, n. 1, p. 67-69, mar. 2021.

ROCHA, F. T. da; CRUZ, I. V.; LEITE, H. M. F.; FRANÇA NETO, A. C. de .; FERREIRA, E. Extrato pirolenhoso na germinação de sementes forrageiras. **CIS - Conjecturas Inter Studies**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 485–499, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-680-811. Disponível em: <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/680>. Acesso em: 21 jan. 2024.

ROSA, W. B.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; BECK, D.; MOCHIZUKI, J. F. B.; BATTISTI, L. S.; COSMO, B. M. N.; DANILUSSSI, M. T. Y.; ZANETTI, W. A. L. Monitoramento de resistência de *Digitaria insularis* a diferentes herbicidas. **Revista agronomia Brasileira**, Jacoticabal, v. 7, 2023.

ROSSETO, R.; SANTIAGO, A. Cana: Plantas Daninhas. **Embrapa**, Brasília, 23 fev. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/manejo/plantas-daninhas>. Acesso em: 14 jan. 2024.

SAMPAIO, E. K.; ALMEIDA, F. A.; OLIVEIRA, A. M.; LEITE, M. L. T.; FONSECA, W. L.; XAVIER, L. M. S.. Extrato pirolenhoso no manejo de *Meloidogyne enterolobii* em mudas de goiabeira, cv. paluma. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 45, n. 3 p. 136-143, 2022.

Santos, A.M.; Almeida, F.A.; Fonseca, W.L.; Leite, M.L.T.; Pereira, F.F.; Carvalho, R.M.. Ácido pirolenhoso no manejo de nematoides das galhas na cultura da alface. **Revista Espacios**, Caracas, vol. 38, n. 43 p. 1-9.

SAUSEN, D.; MARQUES, L. P.; BEZERRA, L. de O.; SILVA, E. dos S.; CANDIDO, D. Biotecnologia aplicada ao manejo de plantas daninhas / Biotechnology applied to weed management. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 23150–23169, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-027. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9511>. Acesso em: 21 jan. 2024.

SCAVO, A.; PANDINO, G.; RESTUCCIA, A.; LOMBARDO, S.; PESCE, G.R.; MAUROMICALE, D. Allelopathic potential of leaf aqueous extracts from *Cynara cardunculus* L. on the seedling growth of two cosmopolitan weed species. **Italian Journal of Agronomy**, Pavia, v. 14, n. 1373, p. 78-83, 2019. Disponível em:

<https://www.agronomy.it/index.php/agro/article/view/1373>. Acesso em: 11 jan. 2024.

SCHNITZER, J. A.; SU, M. J.; VENTURA, M. U.; FARIA, R. t. Doses de extrato pirolenhoso no cultivo de orquídea. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, ed. 1, p. 101-106, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562010013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/YqS9PmQkhcRyrZFgrzp7p4Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 3 jan. 2024.

SOUZA FILHO, A.P.S.; BAYMA, J.C.; GUILHON, G.M.S.P.; ZOGHBI, M.G.B. Atividade potencialmente alelopática do óleo essencial de *Ocimum americanum*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 499-505, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582009000300010>.

SILVA, W. D.; CANEPHELLE.; CARLSON WRITZLT.; DANIEL STEFFLERA.; EDUARDO SCHMITT STEINJ.; GUERRA, D.; MAISA DA SILVA, D.; REDIN, M. Efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento inicial de plantas de milho e feijão. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 7, n. 1, p. 93-102, 26 abr. 2021.

STEFANSKI, F. S.; CAMARGO, A. F.; WEIRICH, S. N.; TREICHEL, H. Viabilidade da produção de bioherbicidas a partir de isolados fúngicos em escala piloto. **Anais da IX Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica - IX JIC**, Cerro Largo, 2019.

SCHULZ, B.; SEGOBYE, K. 2,4-D transport and herbicide resistance in weeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 67, n. 11 pp. 3177–3179, 2016.

SILVA, S. P; COSTA, A. S. v.; SANTOS, S. L. B.; LAIA, M. L. A IMPORTÂNCIA DA BIOMASSA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA. **Pensar Acadêmico**, Manhauçu, v. 19, n. 2, p. 557, 16 abr. 2021.

SILVA, M. F. F.; CORBELLINI, M.; DA SILVA, A. P. R.; SILVA, J. C.; RONDON, M. J. P.; MARTINS, V.; KARSBURG, I. V.; GALLO, R. Desenvolvimento de *Catasetum Schmidtianum* Miranda & Lacerda em diferentes concentrações de extrato pirolenhoso obtido de *Enterolobium Contorstisiliquum* / Development *Catasetum Schmidtianum* Miranda & Lacerda in different concentrations extract pyroligneous got *Enterolobium Contorstisiliquum*. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 2, p. 16070–16082, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-299. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24788>. Acesso em: 22 jan. 2024.

TRINDADE, R. C. P.; PALMEIRA, L. H.; SANT'ANA, A. E. G.; SOUSA, R. S.; COSTA, A. P. A.; AMORIM, E. P. R. Atividade do extrato pirolenhoso sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasília, v. 9, n. 3, p. 84-89, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pro-Reitoria de Inovação e Empreendedorismo. Parceria entre UFSM e Transfertech pode registrar o primeiro bioherbicida no Brasil. **UFSM**, Santa Maria, 18 abr. 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pro-reitorias/proinova/2023/04/18/parceria-entre-ufsm-e-transfertech-pode-registrar-o-primeiro-bioherbicida-no-brasil>. Acesso em: 14 jan. 2024.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 61 p.

VIEIRA, W. T. **Caracterização cromatográfica e avaliação da atividade antimicrobiana do extrato pirolenhoso obtido a partir de biomassas residuais**. 2019. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

VURRO, M. Are root parasitic broomrapes still a good target for bioherbicide control? **Pest management science**, v. 80, n. 1, p. 10–18, 2023.

WEIRICH, S. N.; ULKOVSKI, C.; CAMARGO, A. F.; BORDIN, E. R.; MOSSI, A. J. *Trichoderma koningiopsis* em sinergia com herbicidas químicos. **Anais da IX Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica - IX JIC**, Cerro Largo, 2019.

YARSI, G. Effects of seaweed fertilizer and wood vinegar application on nutrient uptake, plant growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L) grown in a greenhouse. **Journal Of Elementology**, [S.l.] v. 28, n. 4, p. 937-948, 28 dez. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2023.28.2.2424>. Disponível em: <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-95dbf7d2-b240-4438-b749-2fc047715657>. Acesso em: 05 jan. 2024.

ZEFERINO, I. LIMA, E. A. VIEIRA, E. S. N. **Uso do extrato pirolenhoso como adjuvante de herbicida**. Colombo: Embrapa florestas, 2018. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 429).

3. Capítulo 1 - Ação herbicida de extrato pirolenhoso no controle de plantas daninhas

RESUMO

As plantas daninhas são um dos principais fatores limitantes da produção agrícola, e é fundamental a descoberta de novos métodos de controle, que sejam eficazes e que mitiguem os efeitos ambientais e na saúde humana. Portanto o objetivo deste trabalho, foi avaliar a ação bioherbicida de extrato pirolenhoso no manejo de plantas daninhas. Foram testados dois tipos de extratos pirolenhosos, um produzido em laboratório com a carbonização de coco e eucalipto, e outro de origem comercial, em combinação com 2 adjuvantes (óleo mineral (0,5%V/V) e óleo siliconado (0,5% V/V)). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 5x5, contando com 4 repetições, no qual foram utilizadas 5 espécies de plantas daninhas (*Crotalaria juncea*, *Megathyrsus maximus*, *Senna obtusifolia*, *Bidens spp* e *Hyptis suaveolens*), submetidas a 5 concentrações de extrato pirolenhoso (0%, 6,25%, 12,5%, 25% e 50% V/V), com óleo mineral e água, sendo esses, experimentos distintos. As plantas de *Bidens spp.* e *Hyptis suaveolens* apresentaram necrose, murcha e morte poucas horas após a aplicação do extrato, enquanto as espécies *Crotalaria juncea*, *Megathyrsus maximus* e *Senna obtusifolia* demonstraram maior tolerância às baixas concentrações do extrato pirolenhoso. A medida que se aumentou a concentração dos extratos, maior foi o controle e redução da massa seca em todas as espécies de plantas daninhas testadas. A combinação dos extratos com óleo mineral apresentou melhores resultados que o óleo siliconado. A possível ação herbicida dos extratos pirolenhosos, pode ser atribuída a sua grande diversidade química que inclui ácidos orgânicos, fenóis e aldeídos.

Palavras-chave: Vinagre de madeira, manejo integrado, bioinsumo.

ABSTRACT

Weeds are one of the main limiting factors in agricultural production, and it is essential to discover new control methods that are effective and mitigate environmental and human health effects. Therefore, the objective of this study was to evaluate the bioherbicidal action of wood vinegar in weed management. Two types of wood vinegar were tested, one produced in the laboratory through the carbonization of coconut and eucalyptus, and another of commercial origin, in combination with two adjuvants (mineral oil (0.5% V/V) and silicone oil (0.5% V/V)). The experiment was conducted in a completely randomized design, with a 5x5 factorial arrangement, with 4 repetitions, in which 5 weed species (*Crotalaria juncea*, *Megathyrsus maximus*, *Senna obtusifolia*, *Bidens spp.*, and *Hyptis suaveolens*) were subjected to 5 concentrations of wood vinegar (0%, 6.25%, 12.5%, 25%, and 50% V/V), with mineral oil and water, these being distinct experiments. *Bidens spp.* and *Hyptis suaveolens* plants showed necrosis, wilting, and death a few hours after applying the vinegar, while *Crotalaria juncea*, *Megathyrsus maximus*, and *Senna obtusifolia* species showed greater tolerance to low concentrations of wood vinegar. As the concentration of the vinegar increased, greater control and reduction in dry mass were observed in all weed species tested. The combination of the vinegars with mineral oil showed better results than silicone oil. The possible herbicidal action of wood vinegar can be attributed to its great chemical diversity, which includes organic acids, phenols, and aldehydes.

Keywords: Wood vinegar, integrated pest management, bioinput.

3.1 Introdução

As plantas daninhas são um dos principais fatores limitantes na produção agrícola. Além de competir diretamente com a cultura por recursos ambientais, ocasionam também danos indiretos, uma vez que são hospedeiras de pragas e doenças, além de outros prejuízos como redução do valor das terras agrícolas, perda da qualidade de produção e elevação dos custos de produção (Briguenthi & Oliveira 2011, Yamashita et al. 2018, Furquim et al. 2019).

Devido a todos os prejuízos ocasionados pelas plantas daninhas na agricultura, é necessário a adoção de métodos de controle eficientes e que ocasionem o mínimo de danos ambientais e a saúde humana. O controle químico, tem sido a estratégia mais utilizada no manejo de plantas invasoras, e apesar de muito eficiente, tem gerado uma série de discussões devidos danos diretos e indiretos para saúde do homem como ao meio ambiente, principalmente devido à má utilização (Ash 2010, Brussasrd et al. 2010, Cordeau et al. 2016)

Diante das atuais demandas e exigências da sociedade, e a resistência das plantas daninhas a herbicidas, urge a necessidade da descoberta de produtos naturais para o controle de plantas daninhas, que podem ser desenvolvidos através de organismos biologicamente ativos, ou metabólitos secundários produzidos pelos mesmos. Estes bioinsumos são chamados de bioherbicidas, e são fundamentais para a promoção de novas tecnologias, desde que possuam boa eficácia, mantenham a qualidade da produção, e mitiguem os efeitos adversos ao meio ambiente e a salubridade dos trabalhadores, podendo ser aplicadas em novos produtos sob diferentes modos de ação, devido à diversidade estrutural das fitotoxinas naturais (Dayan; Duken, 2014; Bastos, 2016).

Dentre os bioinsumos que possuem potencial para o uso como bioherbicidas, estão os extratos pirolenhosos, que são compostos produzidos a partir da queima da madeira e outros componentes ricos em celulose, lignina, e compostos fenólicos, onde os vapores produzidos pelo processo de pirólise, na ausência de oxigênio, condensam e formam um ácido de cadeia carboxílico de mistura complexa (Campos 2007, 2018).

Na agricultura, os extratos pirolenhosos são usados de controle de pragas e doenças, condicionante de crescimento de mudas e germinação de sementes, e como agente quelante, porém, a sua destinação depende da espécie vegetal utilizada e a concentração do produto, uma vez que metabólitos secundários e outras substâncias

presentes em determinadas espécies vegetais que podem ocasionar toxicidade em diferentes organismos, podem compor a composição química do bioinsumo, o que abre para a possibilidade da utilização para a produção de bioherbicidas (Campos 2007, 2018).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito bioherbicida de extrato pirolenhoso no controle de plantas daninhas em pós-emergência em combinação com dois tipos de adjuvantes.

3.2 Material e métodos

Os trabalhos foram conduzidos em casa de vegetação, localizada no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, localizado no município de Rio-largo, Alagoas (latitude 9° 29' 45" S, longitude 35° 49' 54" W, altitude de 127 metros).

3.2.1 Extratos pirolenhos utilizados na pesquisa

Para execução dos estudos, foram utilizados dois tipos de extratos pirolenhos: extrato pirolenhoso obtido através da pirólise do endocarpo de coco e eucalipto, produzido no Laboratório de Sistema de Separação e Otimização de Processos (LASSOP/UFAL) e um extrato pirolenhoso comercial de nome SDM Extrato pirolenhoso®, da empresa SDM Adubos, onde foram realizadas diluições para os tratamentos posteriores de 6,25%; 12,5%; 25% e 50%.

3.2.2 Plantas daninhas estudadas

Para os estudos, foram selecionadas 5 espécies de plantas daninhas comuns em áreas de cultivos de cana-de-açúcar: *Crotalaria juncea* L., *Megathyrsus maximus* B.K.Simon & S.W.L.Jacobs, *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby, *Hyptis suaveolens* L., e *Bidens spp.* As sementes de plantas daninhas foram semeadas em vasos de 500 cm³, preenchidos com substrato até atingir o peso de 420 g/vaso (figura 2)

Figura 2. plantas em após germinadas em casa de vegetação



Fonte: autor (2022).

3.2.3. Delineamento experimental e execução do experimento

Após a germinação, foram mantidas dez plantas por vaso, e quando atingiram de 2 a 3 folhas definitivas, foram submetidas aos tratamentos.

Para cada tipo de extrato, foram realizados dois experimentos no qual padronizou-se a mesma metodologia, sendo o primeiro utilizando a mistura de extrato pirolenhoso com óleo mineral (0,5% V/V) e o segundo com óleo siliconado (0,5% V/V) como adjuvantes, para melhorar a fixação e absorção do produto, totalizando assim, 4 experimentos na pesquisa, conforme descrito a seguir:

Extrato pirolenhoso de coco e eucalipto:

Experimento 1: Extrato pirolenhoso + óleo mineral (0,5% V/V)

Experimento 2: Extrato pirolenhoso + óleo siliconado (0,5% V/V)

Extrato pirolenhoso comercial:

Experimento 3: Extrato pirolenhoso + óleo mineral (0,5% V/V)

Experimento 4: Extrato pirolenhoso + óleo siliconado (0,5% V/V)

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado 5x5 com 4 repetições, sendo 5 espécies de plantas daninhas, com 5 concentrações de extrato pirolenhoso (0%, 6,25%, 12,5%, 25%, e 50% V/V).

As aplicações dos tratamentos em todos os experimentos, foram realizadas com o auxílio de um pulverizador manual de aplicação contínua e compressão prévia, com a aplicação de 6 ml/vaso em todos os tratamentos.

3.2.4. Variáveis avaliadas

Ao 15º dia após aplicação (DAA), os efeitos fitotóxicos dos extratos pirolenhosos foram realizados por meio da avaliação de controle (%) e massa seca relativa (%), sendo esta última realizada em estufa com circulação de ar forçada, a 60º por 72h, na qual as plantas acondicionadas em sacos de papel do tipo kraft.

3.2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste F sobre análise de variância, e sendo significativos, foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico com 3 parâmetros, com o auxílio do programa sigmaplot:

$$y = y_0 + \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]}$$

No qual: y = porcentagem de controle; y₀ = valor de partida da equação; x = dose do herbicida e a, b e c = parâmetros da curva, de modo que a é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, b é a dose que proporciona a porcentagem de 50% da resposta da variável e c é a declividade da curva (Streibig 1988).

Para que fossem definidas as doses ótimas de controle, foram calculadas as concentrações letais (CL) de controle de 50, 80, 90%, cujo valores foram obtidos a partir das equações geradas das curvas de dose resposta, e representa a

concentração do extrato pirolenho (%), para controle de 50, 80, e 90% respectivamente (adaptado de Christoffoleti et al. 2006).

3.3 Resultados e discussões

Houve efeito significativo do teste F sobre análise de variância dos fatores doses de extrato pirolenhoso, e sobre a interação fatorial extratos e espécie nas variáveis analisadas no trabalho. Com base nesses resultados, foram definidos os parâmetros *a*, *b* e *c* da equação log-logística para todas as variáveis estudadas em ambos os extratos.

Na tabela 1 estão apresentados os parâmetros da equação da variável controle (%) para o experimentos com extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo mineral, e a concentração letal (CL) para o controle de 50, 80 e 90%.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros *a*, *b* e *c* e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico e a concentração letal (CL) para controle de 50, 80 e 90% plantas daninhas com extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo mineral (0,5% V/V).

Espécie	Parâmetros				Concentração Letal (%)		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>	$R^{(2)}$	CL50	CL80	CL90
<i>C. juncea</i>	84,39	2,40	9,13	0,99	10%	16,2%	IDM*
<i>M. maximus</i>	95,77	3,83	14,84	0,86	15,8%	21,1%	25,3%
<i>S. obtusifolia</i>	109,20	11,20	24,10	0,95	22,2%	35,5%	41,6%
<i>H. suaveolens</i>	IDM*	IDM*	IDM*	-	IDM*	IDM*	IDM*
<i>Bidens spp.</i>	92,5	0,76	4,63	0,90	4,75%	6%	7,3%

*IDM= Impossível determinar pelo método

Fonte: autor (2023).

A planta de *Senna obtusifolia*, apresentou maior tolerância quando comparada com as demais plantas estudadas apresentando um CL de 41,6% para o controle de 90% das plantas submetidas ao tratamento com extrato pirolenhoso e óleo mineral, seguido das espécies *Megathyrsus maximus*, e *Crotalaria juncea*.

As plantas daninhas *Bidens* spp. se mostrou sensível aos tratamentos desde as menores doses, apresentando baixas CL para 50, 80 e 90% de controle das plantas estudadas. A espécie *Hyptis suaveolens* apresentou maior percentual de controle desde as mais baixas doses, e não foi possível determinar as concentrações letais pelo método aplicado, devido a sua alta sensibilidade.

Na tabela 2 pode-se observar que as concentrações letais para a variável controle nos experimentos com óleo siliconado, apresentou resultados semelhantes no comportamento biológico das espécies quando submetidas aos tratamentos, com as espécies *Senna obtusifolia*, *Megathyrus maximus* e *Crotalaria juncea* respectivamente, apresentando menor sensibilidade aos tratamentos. E as espécies *Bidens* spp. e *Hyptis suaveolens* apresentando maior sensibilidade.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros *a*, *b* e *c* e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico e a concentração letal (CL) para controle de 50, 80 e 90% plantas daninhas com extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo siliconado (0,5% V/V).

Espécie	Parâmetros				Concentração Letal (%)		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>	$R^{(2)}$	CL50	CL80	CL90
<i>C. juncea</i>	100,3	6,85	15	0,92	15	24,4	29,8
<i>M. maximus</i>	76,11	5,61	17,35	0,94	21	IDM*	IDM*
<i>S. obtusifolia</i>	189,6	16,9	49,98	0,94	32	44,4	48,26
<i>H. suaveolens</i>	93,12	0,15	2,55	0,84	2,27	2,53	2,77
<i>Bidens</i> spp.	92,5	0,76	4,63	0,90	4,75	6	7,3

IDM= Impossível determinar pelo método

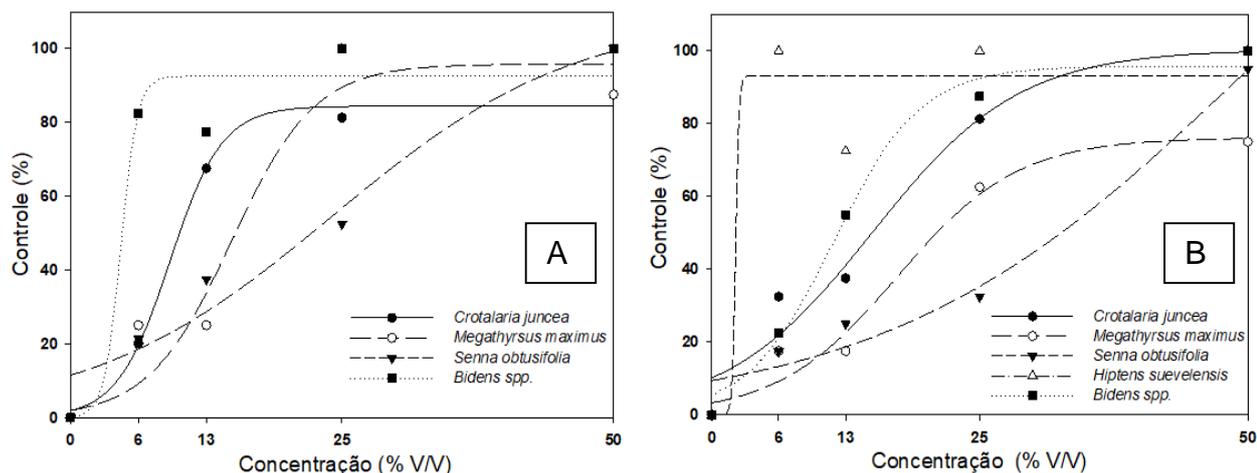
Fonte: autor (2023)

Quando comparada as concentrações letais dos tratamentos com óleo mineral e óleo siliconado, nota-se que a que a combinação do extrato pirolenhoso com óleo mineral (0,5% v/v), apresentou melhores resultados quando comparados com o adjuvante siliconato (0,5% v/v), que demandou maior concentração do extrato pirolenhoso para as respectivas concentrações letais nas plantas estudadas.

A medida que as concentrações de extrato pirolenhoso aumentaram, maior foi o controle (%) das plantas daninhas, independente do tipo de extrato e do tipo de adjuvante utilizado (figura 3). Esse efeito foi observado de forma consistente em todas

as espécies avaliadas, sugerindo que o aumento na concentração potencializa a ação fitotóxica do extrato.

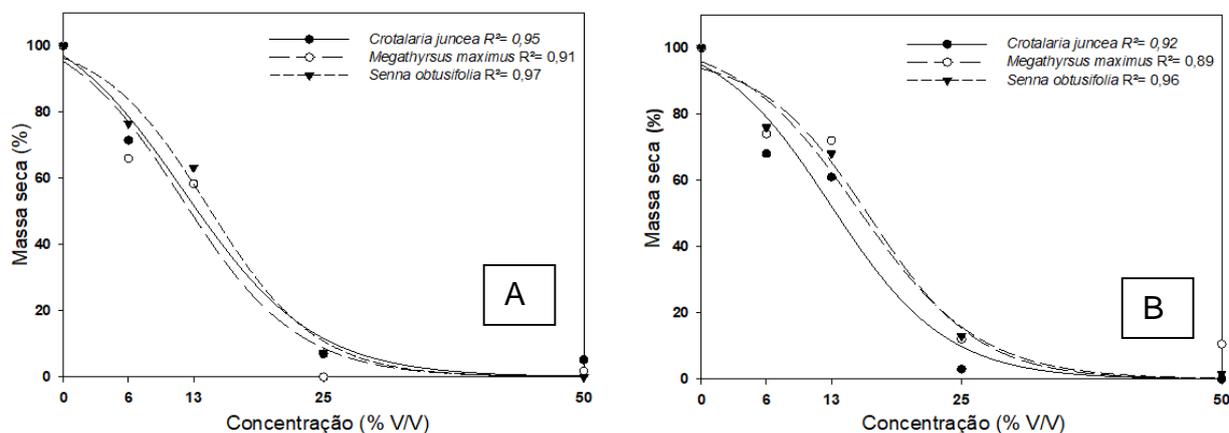
Figura 3. Percentagem de controle (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo siliconado (B).



Fonte: autor (2024)

Na variável massa seca relativa (figura 4), conforme o aumento das concentrações do extrato, menor foi a massa seca assimilada pelas plantas daninhas, apresentando redução desde as primeiras concentrações.

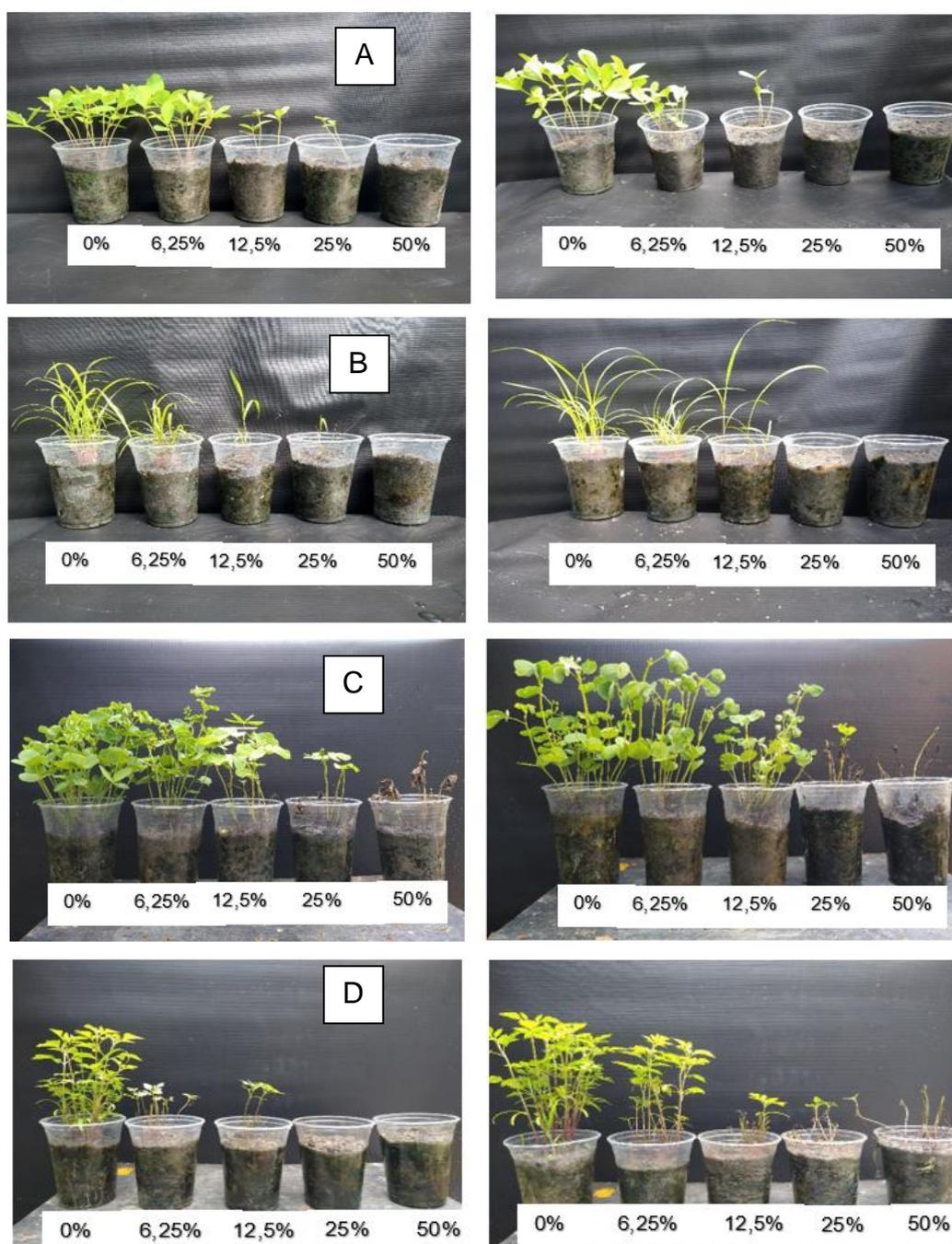
Figura 4. Massa seca relativa (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso de coco e eucalipto + óleo siliconado (B)



Fonte: autor (2024)

Na figura 5, pode-se observar os efeitos do extrato pirolenhoso nas plantas estudadas, evidenciando visualmente o efeito do extrato pirolenhoso como potencial herbicida.

Figura 5. Representação visual dos efeitos herbicidas do extrato pirolenhoso nas plantas daninhas. (A) *Crotalaria juncea*; (B) *Megathyrus maximus*; (C) *Senna obtusifolia*; (D) *Bidens* sp. Imagens a esquerda, plantas submetidas ao tratamento com óleo mineral, a direita plantas, submetidas ao tratamento com siliconado.

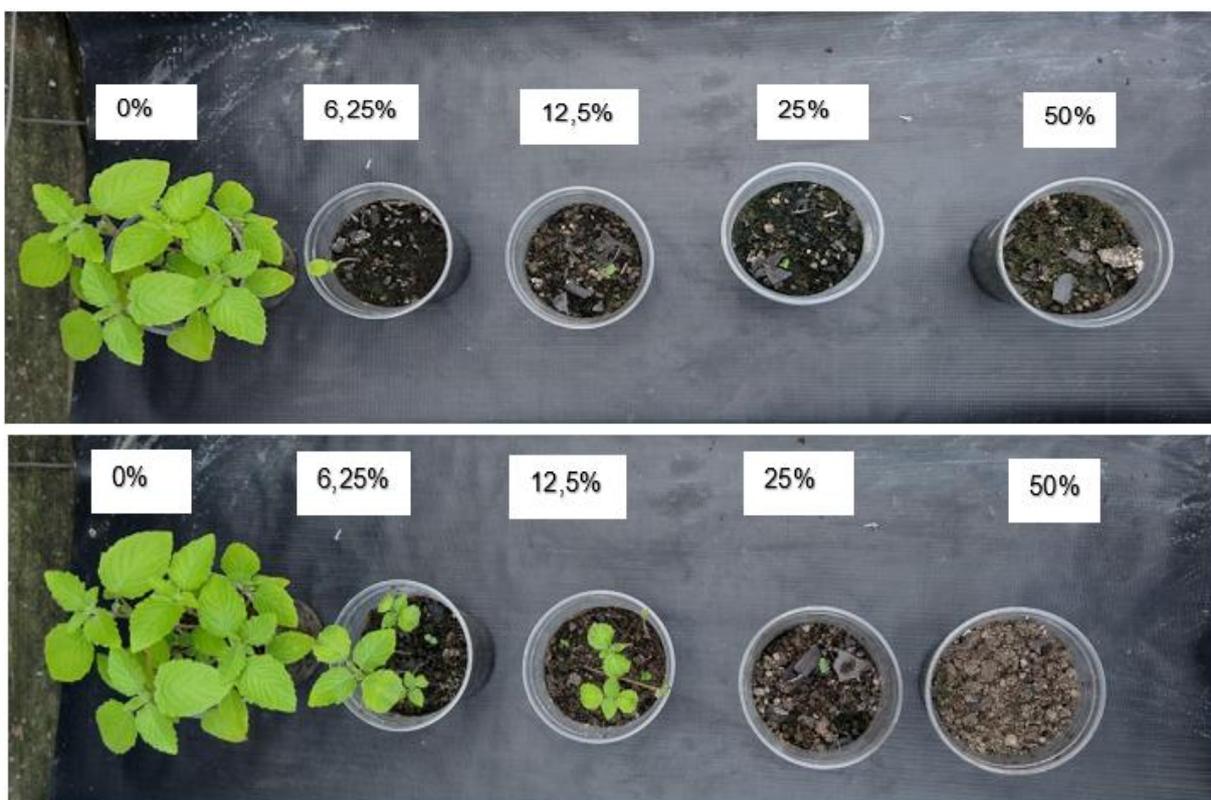


Fonte: autor (2023)

As espécies que demonstraram maior sensibilidade aos tratamentos foram *Bidens* spp., que apresentou uma letalidade de 82,5% na combinação de extrato pirolenhoso com óleo mineral, já na primeira concentração do extrato na porcentagem de 6,25% (v/v) e *Hiptens suaveolens*, com letalidade de 100% na mesma concentração em ambos os adjuvantes (figura 7).

O mesmo aconteceu com a variável massa seca relativa, com as espécies assimilando menos de 10% de MS na concentração de 6,25% quando comparadas com as testemunhas. Isso explica a ausência de informações sobre as espécies nas figuras 1 e 2, que devido a alta sensibilidade, não se adequaram ao modelo matemático proposto, porém, pode ser observado visualmente esses efeitos na figura 6.

Figura 6. Representação visual do efeito herbicida do extrato pirolenhoso na espécie *Hiptens suaveolens*. (A) tratamento com óleo mineral; (B) tratamento com Óleo siliconado.



Fonte: autor (2023)

Em estudos realizados por Chu *et al.* (2022) sobre a utilização de extrato pirolenhoso da pirólise de galhos marceiras como herbicida no controle de *Bidens pilosa*, foi verificada que as CL50 para inibição da germinação das sementes foi de 0,48% e 0,47% para o controle de plântulas recém-germinadas. No mesmo estudo, verificou-se que a aplicação de 653 L.ha⁻¹ de extrato pirolenhoso, teria ação efetiva no manejo de plantas desta espécie já estabelecida. Estes resultados corroboram com os encontrados no presente estudo, que demonstrou a suscetibilidade da espécie aos tratamentos.

É importante salientar que nos últimos anos tem sido documentado no Brasil resistência de *Bidens* spp. a diferentes moléculas de herbicidas, como atrazina, imazethapyr, chlorimuron e diclosulam, e recentemente, ao glifosato. Os resultados encontrados nesse estudo são promissores, uma vez que a resistência cruzada desta espécie tem sido um grande problema para a agricultura brasileira (Adegas, *et al.*, 2023; Mendes *et al.*, 2018; Takano *et al.*, 2016).

Nas tabelas 3 e 4, estão os parâmetros da equação da variável controle (%) para o experimento com extrato pirolenhoso comercial, e a concentração letal (CL) para o controle de 50, 80 e 90%.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros *a*, *b* e *c* e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico e a concentração letal (CL) para controle de 50, 80 e 90% plantas daninhas com extrato pirolenhoso de coco e eucalipto

Espécie	Parâmetros				Concentração Letal (%)		
	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	$R^{(2)}$	CL50	CL80	CL90
<i>C. juncea</i>	97,50	1,72	9,19	0,99	9,98	11,8	13,4
<i>M. maximus</i>	102,3	4,75	11,85	0,95	11,6	17,9	21,3
<i>S. obtusifolia</i>	101,8	4,28	13,71	0,98	13,5	19,3	22,4
<i>H. suaveolens</i>	IDM*	IDM*	IDM*	-	IDM*	IDM*	IDM*
<i>Bidens spp.</i>	99,91	3,07	8,85	0,99	8,8	13,1	15,6

* IDM= Impossível determinar pelo método

Fonte: autor (2023)

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros a , b e c e do coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico e a concentração letal (CL) para controle de 50, 80 e 90% plantas daninhas com extrato pirolenhoso de coco e eucalipto

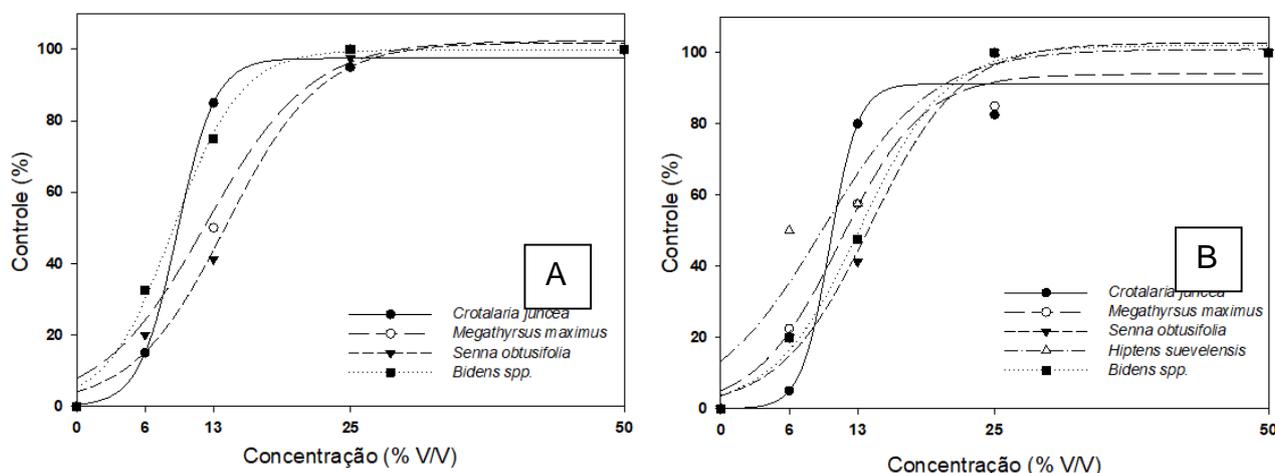
Espécie	Parâmetros				Concentração Letal (%)		
	a	B	C	$R^{(2)}$	CL50	CL80	CL90
<i>C. juncea</i>	91,51	1,29	9,95	0,96	10	12,5	15,5
<i>M. maximus</i>	93,99	3,81	10,91	0,96	11,3	17,5	22,8
<i>S. obtusifolia</i>	102,6	4,13	13,65	0,98	13,4	18,3	21,75
<i>H. suaveolens</i>	98,58	1,85	6,26	0,99	6	8,72	10,4
<i>Bidens spp.</i>	101,9	3,94	12,76	0,99	12,6	17,1	24,5

Fonte: autor (2023)

O comportamento das espécies de plantas daninhas estudadas, quando submetidas ao extrato pirolenhoso comercial, apresentou resultado semelhante ao extrato produzido em laboratório, mostrando que a combinação com óleo mineral apresentou resultados melhores que a associação com siliconado, com exceção da espécie *Senna obtusifolia*, que apresentou menores concentrações letais com a presença do óleo siliconado.

Também de forma semelhante, as curvas de dose-resposta mostraram que conforme o aumento da concentração do extrato, aumentou-se também o percentual de controle, independente da espécie e o adjuvante, conforme observa-se na figura 7.

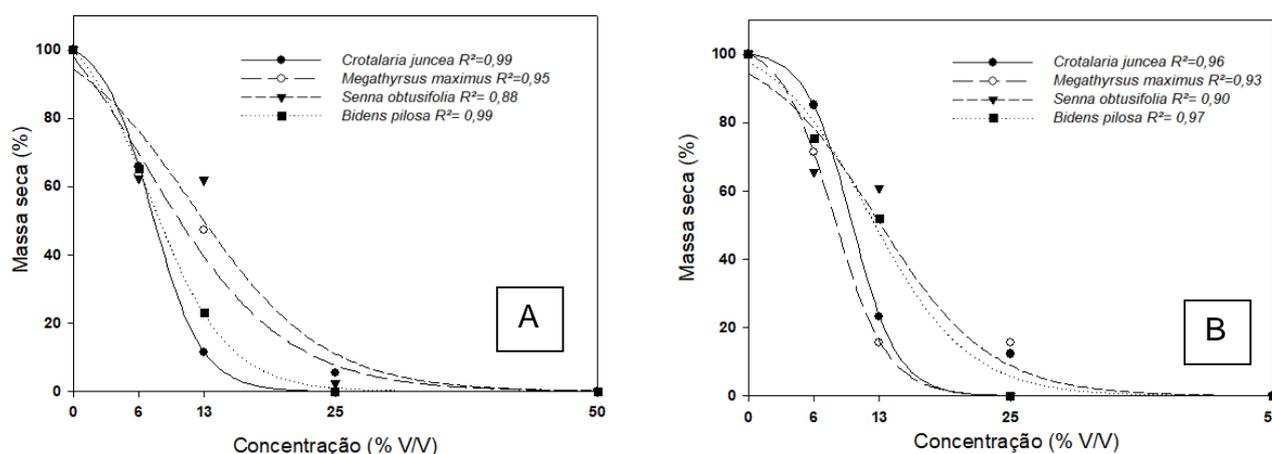
Figura 7. Percentagem de controle (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso comercial + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso comercial + óleo siliconado (B).



Fonte: autor (2024).

Na figura 8, são apresentados os efeitos dos tratamentos com o extrato pirolenhoso comercial na variável massa seca relativa.

Figura 8. Massa seca relativa Massa seca relativa (%) de plantas daninhas em função de doses de extrato pirolenhoso comercial + óleo mineral (A) e extrato pirolenhoso comercial + óleo siliconado (B)



Fonte: autor (2024)

Novamente, devido a alta sensibilidade apresentada aos tratamentos, a espécie *Hiptens suaveolens* não se adequou ao modelo matemático proposto para o tratamento com óleo mineral na variável controle, nem para massa seca,

independente do adjuvante, desta forma não foi possível determinar as curvas de doses-resposta.

Quando comparadas as CL 50, 80 e 90, e também quando observadas as curvas de dose-resposta, o extrato comercial apresentou melhores resultados para a variável controle e redução de massa seca nas espécies *Crotalaria juncea*, *Megathyrsus maximus*, e *Senna obtusifolia*, quando comparado com o extrato de coco e eucalipto.

Apesar dos danos ocasionados as plantas de *Biddens spp.* e *Hiptens suaveolens* mostrarem que o extrato comercial testado apresentou eficiente fitotoxicidade para as espécies, as plantas apresentaram melhor resultado no controle quando foram submetida aos tratamentos com o extrato de coco e eucalipto quando observados as concentrações letais.

Quando comparado os adjuvantes utilizados na pesquisa, o óleo mineral foi mais eficiente que o siliconado. Isso pode ser explicado porque quando o óleo mineral entra em contato com a superfície da folha, tem ação direta na cutícula da planta, dissolvendo lipídios e eliminando barreiras que poderiam dificultar a absorção dos produtos (Rodrigues Neto *et. al.* 2019). Costa *et. al.* (2016), ao avaliar a eficiência de adjuvantes no aumento da eficiência e na deriva dos herbicidas 2,4-D e glifosato, no qual tinham óleo mineral e compostos siliconados nos tratamentos, mostrou que o uso de óleo mineral foi o mais eficiente entre os tratamentos, fato que pode ser explicado no presente estudo.

De maneira geral, os extratos pirolenhosos apresentaram ação herbicida, independente do adjuvante utilizado. As curvas de dose-resposta apresentadas nesse trabalho, mostram que o houve controle das espécies estudas e redução da biomassa acumulada a partir da concentração de 6,25% (v/v).

O extrato pirolenhoso ocasionou murchamento e descoloração das espécies no mesmo dia quando aplicado. Nas espécies de *Hiptens suaveolens* e *Biddens spp.*, os danos foram evidenciados nas primeiras horas de aplicação, ocasionando morte de maneira rápida, Além disso, foi possível observar necrose nas folhas e ressecamento dos caules jovens, indicando uma ação fitotóxica intensa logo após o contato com o extrato. Esses danos imediatos comprometeram a capacidade fotossintética das plantas e a troca gasosa, levando à desidratação acelerada dos tecidos afetados, o que resultou na morte celular nas áreas mais expostas aos tratamentos.

Nas demais espécies, apesar dos danos acentuados nos primeiros dias, pode-se notar uma rápida recuperação nos tratamentos com as menores concentrações de extrato aos 7 DAA (dias após a aplicação), porém no 15 DAA mesmo algumas plantas ainda estando vivas, o seu desenvolvimento foi altamente reduzido, juntamente com a sua possível capacidade de competição.

Esse efeito indica que, embora as concentrações mais baixas permitam uma recuperação parcial das plantas daninhas, o impacto sobre a biomassa e o crescimento foi significativo, comprometendo a habilidade dessas espécies de competir por recursos como luz, água e nutrientes. Além disso, os sintomas de estresse fisiológico, como folhas atrofiadas e menor produção de biomassa, sugerem que o extrato pirolenhoso, mesmo em baixas concentrações, continua a exercer efeito fitotóxico prolongado, diminuindo a resiliência das plantas ao longo do tempo.

Apesar de ser utilizado na agricultura também como estimulante de desenvolvimento e na germinação de sementes em algumas culturas, o extrato pirolenhoso pode causar fitotoxicação e retardo no crescimento de diversas plantas. Esse efeito fitotóxico é provocado por compostos como ácidos orgânicos, fenóis e alcatrões presentes no extrato, que podem prejudicar a estrutura celular, interferir na fotossíntese e reduzir a absorção de nutrientes. Além disso, o acúmulo desses compostos pode levar à necrose de tecidos e comprometer o desenvolvimento das raízes, resultando em plantas debilitadas e com menor capacidade de crescimento. A intensidade dos danos varia conforme a espécie e a concentração aplicada, podendo limitar severamente o potencial de recuperação das plantas tratadas.

A utilização de extrato pirolenhoso como herbicida foi testada no manejo de plantas de alfavaca-chinesa (*Perilla frutescens*) em volumes não diluídos de extrato pirolenhoso em 1000, 2000 e 4000 L.ha⁻¹, no qual foi verificado houve controle acima de 70% aos 5 DAA para todos os volumes testados, e redução de massa seca acentuada acima de 60% para os volumes de 2000 e 4000 L.ha⁻¹ (Liu *et. al.*, 2021). Nesta mesma pesquisa, os autores testaram em condições de campo o manejo de *Gerânio caroliniano*, *Oxalis corniculata* e *Perilla frutescens*, no qual foi verificado a ação herbicida do extrato pirolenhoso em todas as espécies testadas, com a *Perilla frutescens* apresentando maior suscetibilidade que as demais, apresentando CL50 >1000 L.ha⁻¹ aos 15 DAA, enquanto que *Gerânio caroliniano* e *Oxalis corniculata* apresentaram 41000 e 46000 L.ha⁻¹, respectivamente.

Os resultados acima citados, corroboram com os encontrados no presente estudo na qual o extrato pirolenhoso obteve diferentes níveis de danos nas espécies testadas. Vale salientar, que as curvas de dose respostas e as CL 50, 80 e 90 encontradas nesse estudo, demonstraram que a espécie *Hiptens suaveolens* foi a mais sensível aos tratamentos com extrato pirolenhoso, na qual pertence a mesma família da espécie *Perilla frutescens*, Lamiaceae, que obteve maior suscetibilidade nos tratamentos realizados por Liu *et. al* (2021a). Esses resultados podem indicar que o uso de extrato pirolenhoso no manejo de plantas daninhas desta família pode ser uma alternativa ou complementar ao uso de herbicidas, porém novos trabalhos precisam ser realizados para atestar essa hipótese.

Em estudos realizados por Liu *et. al.* (2021b), no qual avaliou as mesmas concentrações de extrato pirolenhoso desta pesquisa (6,25%, 12,5%, 25%, e 50% v/v) em altos volumes de calda para controle de *Poa annua*, verificou-se que o uso de extrato pirolenhoso pode ser uma alternativa para o manejo desta espécie, resultados que coincidem com os encontrados nesta pesquisa, onde pudemos verificar a ação herbicida na espécie *Megathyrsus maximus*, única monocotiledônea e representante da família das Poaceas nos ensaios.

É importante frisar, que apesar os estudos citados anteriormente atestarem o efeito herbicida dos extratos pirolenhosos como no presente estudo, os mesmos utilizaram altas concentrações (50 e 100%) com alto volumes de calda, diferente desta pesquisa que trabalhou com baixos volumes ($>500 \text{ L.ha}^{-1}$) e concentração máxima de 50% (V/V). Isso pode ser explicado devido ao fato das plantas estarem em diferentes estágios fenológicos nas pesquisas realizadas, enquanto nos trabalhos realizados por Liu *et al.* (2021a, 2021b) as plantas estavam em estágios de desenvolvimento mais avançado, no presente estudo as plantas foram submetidas aos tratamentos após emitirem de 2 a 3 folhas definitivas.

Porém, mesmo em baixas concentrações, o extrato pirolenhoso pode apresentar ação fitotóxica. Em estudos realizados sobre o efeito de extrato pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento inicial de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., foi verificado que mesmo em baixas concentrações, o extrato inibiu e retardou o desenvolvimento deste espécie (Silva, *et al*, 2020). Koc *et al.* (2019), ao avaliarem o efeito de extrato pirolenhoso em plantas daninhas encontradas em campos de trigo, constataram que houve redução da massa seca de plantas de 12

famílias vegetais, submetidas as concentrações de 0,5%, 1% e 5%, concentrações inferiores as realizadas neste estudo.

Com base nessas informações, observa-se que o controle das diferentes espécies de plantas daninhas pelo extrato pirolenhoso, pode variar conforme as espécies e as fases de desenvolvimento das plantas, evidenciando que o momento da aplicação dos tratamentos é fundamental para alcançar um controle eficiente.

Aguirre *et. al* (2020a), ao verificar o uso de extrato pirolenhoso como herbicida em comunidades vegetais, verificou que o efeito do extrato pirolenhoso foi mais eficiente em espécies anuais, e que espécies perenes, com caules e folhas espessas e reservas subterrâneas, apresentaram maior tolerância. Na atual pesquisa, as plantas testadas foram predominantemente anuais, porém observou-se que as espécies com folhas mais espessas, como *Crotalaria juncea* e *Senna obtusifolia*, apresentaram maior tolerância que as demais espécies, principalmente *Bidens spp.* e *Hiptens suaveolens* que apresentam caules e folhas mais tenros nas suas primeiras fases fenológicas.

No Brasil, Os estudos com extrato pirolenhoso no controle de plantas daninhas ainda são escassos, e limitam-se a avaliação do controle em pré-emergência, e como adjuvante de herbicidas. A exemplo disso estão os trabalhos de Zeferino, Lima e Vieira (2018), que verificaram que o uso de extratos pirolenhosos como adjuvante associado ao Oxifluorfen, inibiu a germinação de sementes de *Brachiaria decumbens*, *Bidens spp.* e *Amaranthus viridis*, superando a dose comercial recomendada para o produto. Os autores também constataram que o uso do extrato pirolenhoso puro em altas concentrações, inibiu a germinação das sementes, semelhante a resultados encontrados por Lourenço *et al.* (2021) que verificou que o uso de extrato pirolenhoso em altas concentrações, inibiu a germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã.

A ação herbicida do extrato pirolenhoso, pode ser atribuída aos mais de 200 compostos presentes na sua composição, entre eles compostos fenólicos, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos, álcool, éster e principalmente os ácidos acéticos (Aguirre *et. al.*, 2020b; Liu, *et. al.*, 2020; Lourenço *et al.* 2021).

Em estudos realizados por Mu, Uchara e Furuno (2004), foi identificado que os ácidos acéticos presentes em extrato pirolenhoso da queima de bambu (*Phyllostachys bambusoides*) foi responsável em reduzir a biomassa das raízes e do hipocótilo de *Glebionis coronária*.

O ácido acético, como um dos principais componentes do extrato pirolenhoso, pode ser o agente na dessecação das plantas, uma vez que diversos estudos mencionam que o mesmo possui ação herbicida em diversas espécies de plantas daninhas, estando inclusive registrado como herbicida de contato não seletivo no Programa de Agricultura orgânica do Departamento nacional de Agricultura dos Estados Unidos (Domenguine, 2019; Pereira *et. al*, 2013).

Mesmo com as indicação de que o ácido acético seja o principal responsável pela ação herbicida, outros componentes também podem contribuir para essa ação, principalmente os aldeídos, cetonas, furanos e fenóis, que inclusive podem atribuir ao extrato pirolenhoso a ação fixadora, potencializando a ação fitotóxica (Aguirre *et. al.*, 2020a).

Em estudos realizados sobre a composição química de diferentes extratos pirolenhosos, foi encontrado em sua composição o guaiacol, um composto fenólico volátil, derivado da pirolise e da degradação da lignina (Candido, *et. al*, 2023; MU, UCHARA; FURUNO 2003, 2004). O guaiacol e seus derivados, ao serem utilizados isoladamente em bioensaios, apresentaram ação fitotóxica em plantas de alface e sorgo (Alvez, 2017). Sendo assim, esse componente também pode ser um dos possíveis responsáveis pela ação herbicida do extrato pirolenhoso, juntamente com demais fenóis.

O presente trabalho demonstrou que o extrato pirolenhoso possui ação fitotóxica muito semelhante aos herbicidas de contato não seletivos, apresentando rápidos sintomas como clorose, murchamento, queima das folhas e paralisação do desenvolvimento e morte das plantas, indicando que pode indicar uma alternativa para o manejo de plantas daninhas, principalmente as que possuem algum grau de resistência aos herbicidas comerciais utilizados atualmente.

Embora a ação herbicida tenha sido identificada nesta pesquisa, os mecanismos de ação atribuídas ao extrato pirolenhoso ainda não estão compreendidos. Porém devido a natureza ampla da sua composição química e pelos sintomas visuais apresentados, é possível inferir que o extrato pirolenhoso exerce uma ação muito semelhante aos herbicidas de contato, apresentando sintomas visíveis de fitotoxicação, incluindo murcha, descoloração e necrose das folhas nas superfícies que foram expostas.

Os ácidos orgânicos presentes na sua composição, incluindo os ácidos acéticos, podem contribuir para a acidificação do ambiente celular, e juntamente com

outros componentes como os fénois e alcatrão, ocasionar a desnaturação das membranas celulares, juntamente com a inibição de atividades enzimáticas, ocasionando danos celulares irreversíveis.

Outros estudos devem ser realizados para determinar a ação herbicida do extrato pirolenhoso em diferentes famílias de plantas daninhas, tanto monocotiledônea como eudicotiledôneas, de modo que possa elucidar o comportamento fisiológico nas plantas, bem como os possíveis impactos ambientais em organismos não-alvo no ambiente.

3.4 Conclusões

Os extratos pirolenhosos, tanto de coco e eucalipto, como o extrato comercial, foram eficientes no manejo das plantas daninhas estudadas, no qual apresentaram ação herbicida em combinação com os adjuvantes.

A espécie *Hyptis suaveolens* apresentou maior sensibilidade ao ser submetida ao controle com extrato pirolenhoso, tanto no controle, como no acúmulo de massa seca.

A combinação de extrato pirolenhoso com óleo mineral (0,5% V/V) foi mais eficiente no controle de plantas daninhas do que a combinação com óleo siliconado (0,5% V/V).

3.5. Referências

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; BONANI, J. C.; PRECINOTTO, C. V.; GARBIATE, M. V.; PAES, B. L.; ASSIS, D. N. ; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. **Novo caso de resistência de planta daninha ao glifosato no Brasil: picão-preto (Bidens subalternans)**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 7 p.

ALVES, T. A.; PINHEIRO, P. F.; PRAÇA-FONTES, M. M.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; LOURENÇO, M. P.; LAGE, M. R.; ALVES, T. A.; CRUZ, F. A.; CARNEIRO, J. W.M.; FERREIRA, A. Bioactivity and molecular properties of Phenoxyacetic Acids Derived from Eugenol and Guaiacol compared to the herbicide 2,4-D. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 4, p. e20191368, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202120191368>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34705933/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

AGUIRRE, J. L.; BAENA, J.; MARTÍN, M. T.; GONZÁLEZ, S.; MANJÓN, J. L.; PEINADO, M. Herbicidal effects of wood vinegar on nitrophilous plant communities. **Food And Energy Security**, Hoboken, v. 9, n. 4, p. 253-254, 12 out. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/fes3.253>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fes3.253>. Acesso em: 25 out. 2023.

AGUIRRE, Juan Luis; BAENA, Juan; MARTÍN, María Teresa; NOZAL, Leonor; GONZÁLEZ, Sergio; MANJÓN, José Luis; PEINADO, Manuel. Composition, Ageing and Herbicidal Properties of Wood Vinegar Obtained through Fast Biomass Pyrolysis. **Energies**, Basel, v. 13, n. 10, p. 2418-2435, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/en13102418>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/10/2418>. Acesso em: 30 out. 2023.

ASH, G. J. The science art business of succesful bioherbicides. **Biological Control**, [s.l], v.52, n.3, 230-240, 2010.

BARBOSA, W. S.; MODOLO, R.; FILGUEIRA, E. B.; SANTOS, R. W.; FRANÇA NETO, A. C.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SHOCKNESS, L. S. F.; SILVA MARINHO, D.; FERREIRA, E. EXTRATO PIROLENHOSO NO DESENVOLVIMENTO DE ESTOLÕES DE BRAQUIÁRIA HUMIDICOLA. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 4, n. 7, p. e473504, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v4i7.3504. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3504>. Acesso em: 27 jan. 2024.

BASTOS, J. O. **Obtenção de bioherbicidas a partir de fungo isolado do bioma Mata Atlântica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2016.

BRUSSASRD, L.; CAMPBELL, B.; LIPPER, L.; MAINKA, S.; RABBINGE, R.; BABIN, R.; PULLEMAN, M. Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, Amsterdã, v. 2, n. 1-2, p.34-42, 2010.

BRIGUENTHI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. *Biologia de Plantas daninhas*. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INQUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 362 p.

CAMPOS, A. D. **Técnicas para produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 8 p. (Embrapa CPACT. Circular Técnica, 65).

CAMPOS, A. D. **Informação Técnica sobre Extrato Pirolenhoso**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 9 p. (Embrapa CPACT. Circular Técnica, 177).

CÂNDIDO, N.; MODOLO, L.; PASA, V.; FÁTIMA, A. EXTRATOS PIROLENHOSOS DE CASCA DE COCO, ACÁCIA NEGRA E EUCALIPTO: caracterização físico-química e avaliação in vitro como potenciais inibidores da urease. **Química Nova**, [S.l.], p. 961-971, 2023.

CORDEAU, S.; TRIOLET, M.; WAYMAN, S.; STEINBERG, C.; GUILLEMIN, J.P. Bioherbicides: dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. **Crop Protection**, Amsterdã, v. 87, p. 44-49, 2016.

Christoffoleti, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002

CHU, Lei; LIU, Haifeng; ZHANG, Zhenyu; ZHAN, Yue; WANG, Kang; YANG, Deyu; LIU, Ziqiang; YU, Jialin. Evaluation of Wood Vinegar as an Herbicide for Weed Control. **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 12, p. 3120-3133, 8 dez. 2022. MDPI AG. DOI: 10.3390/agronomy12123120. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/12/3120>. Acesso em: 22 maio 2023.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M. V.; SIONO, L. M. Adjuvantes na deriva de 2,4-D + glyphosate em condições de campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 387-392, 2014.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O.. Natural Compounds as Next-Generation Herbicides. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 166, n. 3, p. 1090-1105, 2014.

OMENGHINI, Jacob C.. Comparison of Acetic Acid to Glyphosate for Weed Suppression in the Garden. **Horttechnology**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 82-87, fev. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.21273/horttech04453-19>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/30/1/article-p82.xml>. Acesso em: 25 out. 2023.

FURQUIM, L. T.; MONQUERO, P. A.; SILVA, R. P. Efeito de herbicidas no crescimento inicial do sorgo sacarino. **Nativa**, Sinope v. 7, n. 1, p. 37-42, 2019.

HAO, Z.; BAGAVATHIANNAN, M.; LI, Y.; QU, M.; WANG, Z.; YU, J. Wood vinegar for control of broadleaf weeds in dormant turfgrass. **Weed Technology**, Cambridge, v. 35, n. 6, p. 901-90, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/wet.2021.95>.

Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/wood-vinegar-for-control-of-broadleaf-weeds-in-dormant-turfgrass/395430437741E226947590A0BD963156>. Acesso em: 25 jul. 2023.

KOC, I. NAMLI, A. MENDES M. PINAR, S.M. CIG, F. YARDIM, E.N. A study on the effects of wood vinegar on weeds and cultivated plants in the wheat agro-ecosystemns. **Fresenius Environ Bulletin**, Frisinga, v. 28, n. 4, p. 2747-2753, 2019.

LOURENÇO, Y. B. C.; LIMA, N. S.; SOUZA, E. C.; SILVA, B. R. F.; SILVA, K. C. A.; GOMES, S.H. B. Influência do extrato pirolenhoso na germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.3, p. 31016-31035, 2021.

LIU, X.; ZHAN, Y; LI, X.; LI, Y.; FENG, X.; BAGAVATHIANNAN, M.; ZHANG, C.; QU, M.; YU, J. The use of wood vinegar as a non-synthetic herbicide for control of broadleaf weeds. **Industrial Crops And Products**, Amsterdã, v. 173, p. 114105, dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114105>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021008700?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jun. 2023.

LIU, X.; WANG, J.; FENG, X.; YU, J. Wood vinegar resulting from the pyrolysis of apple tree branches for annual bluegrass control. **Industrial Crops And Products**, Amsterdã, v. 174, p. 114193, dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114193>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021009584?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jul. 2023.

MENDES, R.R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; SILVA, V.F.V.; HENCKS, J.R. Identification and Mapping of Cross-Resistance Patterns to ALS-Inhibitors in Greater Beggarticks (*Bidens* spp.). **Planta Daninha**, Maringá, v. 8, n. 37, p. 327-345, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100117>. Disponível em: <https://awsjournal.org/article/identification-and-mapping-of-cross-resistance-patterns-to-als-inhibitors-in-greater-beggarticks-bidens-spp/>. Acesso em: 05 de maio de 2023.

MU, J. UCHARA, T. FURUNO, T. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. **Journal of Wood Science**, Berlim, v. 49, p. 262-270, 2003.

MU, J. UCHARA, T. FURUNO, T. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants II: composition of moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects. **Journal of Wood Science**, Berlim, v. 50, p 470-476, 2004.

PEREIRA, P. ; MAIA, A. J.; GOMES, R. V.; GOMES, E. Eficácia do ácido acético no controle de algumas espécies de plantas daninhas. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, Jandaia, v. 9, n. 16, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3563>. Acesso em: 27 jan. 2024.

RODRIGUES NETO, A. D.; ALMEIDA, M. S.; PRADO, E. P.; TROPALDI, L.; FIRMINO, A. C.; BONINI, C. S. B.; VIANA, R. S.; LIMA, R. C. Otimização da atividade de herbicidas com diferentes adjuvantes na fitotoxicidade de *Digitaria insularis* no estágio de florescimento. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.15, n.5, p. 120-126, 2019.

SILVA, S. I. S. PIMENTA, A. S. MIRANDA, N. O. LOURENÇO, Y.B.C. SOUZA, E.C. Wood vinegar inhibits emergence and initial growth of leucaena (*Leucaena leucocephala* /Lam./ de Wit) seedlings. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, Zagrebe, v. 85, n.2, p. 153-158, 2020.

STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, Hoboken, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; FRANCHINI, L.H. M; BURGOS, N. R. Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 5, p. 547-554, out. 2016. DOI: 10.1590/1413-70542016405022316. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/308767756_Multiple_resistance_to_atrazin_e_and_imazethapyr_in_hairy_beggarticks_Bidens_pilosa. Acesso em: 22 jun. 2023.

YAMASHITA, O. M.; SILVA, G. B.; RONDON NETO, R. M.; CAMPOS, O. R.; PERES, W. M. Interferência de subdoses de glyphosate no desenvolvimento de plantas jovens de nim. **Nativa**, Sinope, v. 5, n. 3, p. 163-268, 2017

4. Capítulo 2 - USO DE EXTRATO PIROLENHOSO PARA REDUÇÃO DE DOSES DE 2,4-D.

RESUMO

O controle químico é o método de controle mais eficiente no manejo de plantas daninhas, porém diante do apelo da sociedade para redução do uso de defensivos, e para mitigar os custos de produção, deve-se pensar em alternativas para a redução de doses dos herbicidas. Diante do que foi apresentado, o objetivo deste trabalho, foi avaliar a redução de doses de herbicida a base de 2,4-D a partir da mistura com extrato pirolenhoso (EP). Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA/UFAL). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 misturas do herbicida com EP (Água destilada; 0,5 L ha⁻¹ de 2,4-D+1 L ha⁻¹ de EP; 1 L ha⁻¹ de 2,4-D+ 0,5 L ha⁻¹ de EP; e 1,5 L ha⁻¹ de 2,4-D (dose comercial recomendada), e a calda apenas com água e com óleo mineral (0,5% v/v). As plantas receptoras foram *Crotalaria juncea*, *Senna obtusifolia* e *Bidens spp.*, e cada espécie de planta daninha constituiram um experimento, onde foram avaliados a escala de fitointoxicação, o controle (%) e massa seca relativa (%). A redução de doses de 2,4-D não foi eficiente no controle de *Crotalaria juncea*, onde apresentou controle satisfatório apenas na dose comercial do produto com óleo mineral. As espécies *Senna obtusifolia* e *Bidens spp.* foram controladas de maneira eficiente em todos os tratamentos dos experimentos independente de óleo mineral.

Palavras-chave: Vinagre de madeira; Herbicidas auxínicos; Plantas daninhas.

ABSTRACT

Chemical control is the most efficient method in weed management, but considering the society's demand for reducing pesticide use and to mitigate production costs, alternatives for reducing herbicide doses should be considered. Given the presented scenario, the aim of this study was to evaluate the reduction of 2,4-D herbicide doses through mixing with pyroligneous extract (PE). The experiments were conducted in a greenhouse at the Campus of Agricultural Engineering and Sciences (CECA/UFAL). The experimental design was completely randomized in a 4x2 factorial scheme, with 4 herbicide-PE mixtures (distilled water; 0.5 L ha⁻¹ of 2,4-D + 1 L ha⁻¹ of PE; 1 L ha⁻¹ of 2,4-D + 0.5 L ha⁻¹ of PE; and 1.5 L ha⁻¹ of 2,4-D (recommended commercial dose), and the solution with water only and with mineral oil (0.5% v/v). The receptor plants were *Crotalaria juncea*, *Senna obtusifolia*, and *Bidens spp.*, and each weed species constituted an experiment, where phytotoxicity scale, control (%), and relative dry mass (%) were evaluated. The reduction of 2,4-D doses was not efficient in controlling *Crotalaria juncea*, which showed satisfactory control only at the commercial dose of the product with mineral oil. *Senna obtusifolia* and *Bidens spp.* were efficiently controlled in all treatments regardless of mineral oil.

Keywords: Wood vinegar; Auxinic herbicides; Weeds.

4.1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas estão entre os principais fatores responsáveis pela perda da produtividade nos agroecossistemas. Essas plantas ocasionam danos diretos e indiretos, competindo por recursos como água, luz e nutrientes, hospedam pragas e doenças, e interferem nas práticas culturais e na colheita, elevando os custos de produção e rendimento final da cultura (Yamashita *et al.* 2018; Furquim *et al.* 2019, Rigon *et al.* 2020).

Devido à alta eficiência, rapidez na operação e praticidade, o método de controle químico, tem sido a alternativa mais utilizada no manejo das plantas infestantes. Dentre os herbicidas utilizados, destacam-se os mimetizadores da auxina, que pertencem a um grupo de ação sistêmica, utilizados no manejo de eudicotiledôneas, no qual incluem moléculas como o 2,4-D amplamente utilizados nas culturas de cana-de-açúcar e pastagens (Pinheiro, 2020; Silva, 2022).

Apesar da sua eficiência, a utilização de herbicidas tem gerado uma série de discussões em consequência dos diferentes efeitos ocasionados ao homem e ao meio ambiente, principalmente devido à má utilização. Além disso, existe o ponto de vista econômico, onde a demanda global e a concorrência dos mercados internos e externos, e resistência das plantas daninhas a diferentes moléculas, tem elevado os custos de aplicação, sendo necessário a administração correta das doses, e tecnologias adjuntas que possibilitem a redução de doses, que mitiguem os custos de aplicação, reduza os danos à saúde humana e ambiental, sem comprometer a eficiência de controle (Ash 2010; Brussasrd *et al.* 2010; Cordeau *et al.* 2016; Silva 2022).

A redução de doses de herbicidas pode deve ser realizada através de estratégias que aumentem a eficiência da absorção das moléculas, dentre as quais se destacam o uso de adjuvantes, que são produtos químicos adicionados a calda de pulverização que além de diminuir as perdas por deriva, escorrimento, ou evaporação, favorece a entrada dos herbicidas nas plantas, uma vez que ajudam a romper a cutícula, favorecendo a penetração (Caixeta, 2020).

Os adjuvantes, podem ter diversas origens, e podem ser tanto sintéticos como natural. Entre os produtos naturais com potencial para utilização como adjuvante, estão os extratos pirolenhosos, que é um bioinsumo composto de cadeia carboxílico complexa, produzido a partir da queima da madeira e outros componentes ricos em

celulose, lignina, e compostos fenólicos, que tem sido utilizado na agricultura no controle de pragas e doenças, condicionante de crescimento de mudas e como agente quelante (Barbosa *et. al*, 2023; Campos 2018).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da redução de doses de herbicida a base de 2,4-D por meio da adição de extrato pirolenhoso na calda de aplicação.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação, localizado no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, localizado no município de Rio Largo, Alagoas (latitude 9° 29' 45" S, longitude 35° 49' 54" W, altitude de 127 metros).

4.2.1 Material vegetal utilizado

Para execução do trabalho, foram selecionadas 3 espécies de plantas daninhas, *Crotalaria juncea*, *Senna obtusifolia*, *Bidens spp.* As sementes de *Crotalaria* e *Bidens* foram coletadas no Centro de Ciências Agrárias, em áreas de produção de cana-de-açúcar, e as sementes de *Senna obtusifolia* foram adquiridas através de empresa especializada. As sementes foram semeadas em vasos de 500 cm³, preenchidos com substrato até atingir o peso de 420 g/vaso, após a germinação, manteve-se 10 plantas por parcela.

4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para aplicação dos tratamentos, foram utilizados um extrato pirolenhoso comercial de nome SDM Extrato pirolenhoso®, da empresa SDM Adubos e o herbicida U46 BR®, da empresa Sumitomo Chemical, que é a base molécula de 2,4-D (80,6% m/v).

Foram realizados 3 experimentos, sendo cada experimento constituído por uma espécie de planta daninha, onde foram padronizados as metodologias para execução, sendo estabelecidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, sendo o primeiro fator 4 misturas de extrato pirolenhoso e 2,4-D (tabela 3) e o segundo fator com e sem óleo mineral (0,5% v/v).

Tabela 2. Misturas do herbicida e extrato pirolenhoso utilizados nos 3 experimentos

Tratamentos - Fator 1	
Misturas	L. p. c. ha ⁻¹ *
Tratamento 1 – Sem herbicida e extrato pirolenhoso	-

Tratamento 2 – 335 g i.a ha ⁻¹ + 1 Litro de EP	0,5 L
Tratamento 3 – 670 g i.a ha ⁻¹ + 0,5 litros de EP	1 L
Tratamento 4 – 1005 g i.a ha ⁻¹ (dose comercial)	1,5 L

* Litro de produto comercial por hectare.

Fonte: autor (2024)

Para a aplicação dos tratamentos, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pontas tipo leque Teejet XR 110 02-VS, com pressão constante de 200 kPa, proporcionando volume de calda de 120L/ha.

4.2.3. Variáveis avaliadas

Os efeitos da fitointoxicação das misturas de EP e e 2,4-D foram realizados aos 3, 7 e 15 DAA, de acordo com a escala visual de danos com notas de 0 a 100, na qual 0 representa a ausência de danos e 100 a morte da planta (SBPD, 1995).

Aos 15º dia após aplicação dos tratamentos, foram avaliados o controle (%) e a massa seca relativa (%) das plantas daninhas estudadas. sendo esta última realizada em estufa com circulação de ar forçada, a 60º por 72h, na qual as plantas acondicionadas em sacos de papel do tipo kraft.

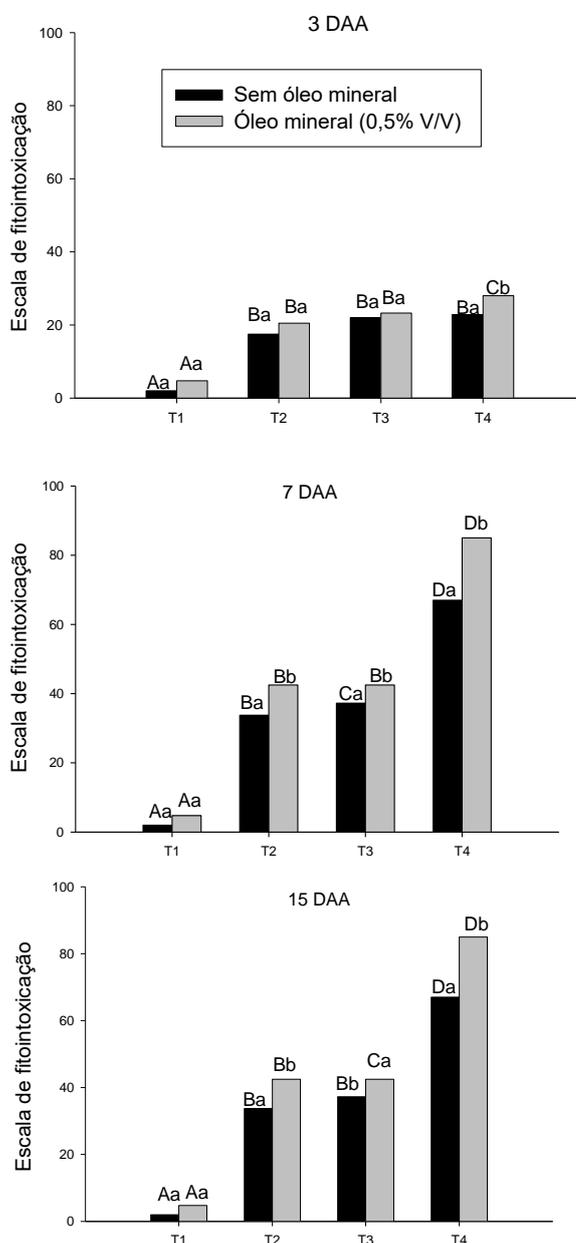
4.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos passaram por análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey à 5% de probabilidade, com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância indicou que houve diferença significativa nas variáveis avaliadas. Na figura 9, pode-se visualizar o efeito para fitointoxicação da espécie *Crotalaria juncea* aos 3, 7 e 15 dias após aplicação.

Figura 9. Fitointoxicação (%) da *Crotalaria juncea* após 3, 7 e 15 dias após aplicação (DAA). Letras maiúsculas diferentes entre tratamentos, e minúsculas dentro do mesmo nível, diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: autor (2023).

A espécie nos primeiros DAA não apresentou sintomas significativos de fitointoxicação quando comparada com as demais espécies estudadas, porém, 3 DAA, começou a apresentar sintomas típicos de fitointoxicação por 2,4-D, crescimento retardado, brotações estioladas, entumescimento do caule e folhas jovens encarquilhadas. Porém, vale salientar que apesar dos sintomas enunciados, o nível de controle da espécie não foi satisfatório.

De acordo com a tabela 4, a espécie *Crotalaria juncea*, não apresentou controle efetivo nas misturas testadas, com as plantas submetidas a dose recomendada (T4) não diferindo estatisticamente do T3, que corresponde a 1 litro do produto comercial + 0,5 L de extrato pirolenhoso nos tratamentos sem a adição do óleo mineral.

Tabela 3. Controle das plantas daninhas *Crotalaria juncea* aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade

Tratamento	Adjuvante	
	Sem óleo mineral	Óleo mineral
T1- Sem herbicida e EP	00,00 Aa	00,00 Aa
T2 - 0,5 L de 2,4-D + 1L de EP	10,00 Aa	25,00 Bb
T3 - 1 L 2, 4-D + 0,5 L de EP	27,50 Ba	45,00 Cb
T4 - 1,5 L 2,4-D	25,00 Ba	82,50 Db
CV	24,61%	

Fonte: autor (2024)

Com o acréscimo do óleo mineral (0,5% v/v) notou-se que houve um aumento do controle da espécie, em todos os tratamentos, porém a dose recomendada pelo fabricante apresentou melhores resultados que todas as misturas testadas, indicando assim que para essa espécie, o principal fator envolvido na efetividade da fitointoxicação pode estar relacionada com o óleo mineral associado aos tratamentos. Tais efeitos podem ser observados na figura 11, onde aos 15 DAA foi realizada a avaliação final e observados todos os efeitos e controle que foram anteriormente citados.

Figura 10. Fitointoxicação aos 15 DAA da espécie *Crotalaria juncea*. Da esquerda para a direita: T1= Testemunha; T2= 0,5L 2,4-D + 1L EP; T3= 1L 2,4-D+ 0,5 L EP; 1,5 L 2,4-D (dose comercial recomendada).



(A) Tratamentos sem óleo mineral

(B) Tratamentos com óleo mineral (0,5%).

Fonte: (autor, 2023).

Apesar das plantas do gênero *Crotalaria* serem de interesse na agricultura para fins de adubação verde e manejo de nematoides, as mesmas apresentam uma grande dificuldade de controle no momento da dessecação quando se objetiva a sucessão com a cultura de interesse (Espanhol *et. al.*, 2011; Inoue *et. al.*, 2012).

Diversos estudos já relataram as dificuldades do manejo de plantas deste gênero com a utilização de herbicidas, isso ocorre justamente por que as plantas apresentam algum grau de tolerância que pode ser atribuída a características morfológicas própria deste grupo, como a presença de uma cutícula espessa em ambas as faces foliares, com alto teor de cera epicuticular, que podem dificultar a absorção das caldas (Concenço; Silva, 2015; Procopio, *et. al.*, 2003).

Como ficou evidenciado nos resultados de fitointoxicação e controle (%), os tratamentos com óleo mineral apresentaram os melhores resultados, independente das misturas testadas. Isso pode ser explicado devido a ação direta do óleo mineral na cutícula da planta, no qual dissolve a cera epicuticular, o que pode facilitar a absorção dos produtos aplicados (Rodrigues Neto, *et. al.*, 2019; Vargas; Roman, 2006).

Diversas estratégias para um manejo químico eficiente já foram testadas em espécies de crotalárias, utilizando a combinação de herbicidas, incluindo o 2,4-D (Paula, 2015; Inoue, *et. al.*, 2012). Espanhol *et. al.* (2011) ao avaliar a combinação de

2,4-D com o glyphosate na dessecação de *crotalaria juncea*, não obteve resultados satisfatórios, onde a combinação permitiu a rebrota das plantas, resultado que confirma as dificuldades encontradas no presente trabalho com o controle utilizando a mistura de extrato pirolenhoso com 2.4-D.

Na variável massa seca (tabela 5), as misturas apresentaram redução da assimiliação de massa seca a partir de T2, apresentando resultados mais expressivos do que a variável controle.

Tabela 4. Massa seca de *crotalaria juncea* aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Adjuvante	
	Sem óleo mineral	Óleo mineral
T1- Sem herbicida e EP	100,00 Aa	93,58 Aa
T2 - 0,5 L de 2,4-D + 1L de EP	66,59 Ba	45,40 Bb
T3 - 1 L 2,4-D + 0,5 L de EP	52,04 Ba	45,40 Ba
T4 - 1,5 L 2,4-D	25,34 Ca	9,40 Cb
CV	14,31%	

Fonte: autor (2024)

Apesar de apresentar um baixo controle de *Crotalaria juncea*, até mesmo na dose comercial, a mistura do 2,4-D com extrato pirolenhoso ocasionou uma grande redução de massa seca percentual nessa espécie. O acúmulo de massa seca é importante para que as plantas se estabeleçam de maneira efetiva, e reflete a alocação de nutrientes e outros elementos ambientais necessário para que a planta possa realizar suas atividades metabólicas de maneira plena e competir por recursos até sua fase reprodutiva, ficando então comprometida a sua perpetuação quando esse incremento é interrompido ou diminuído (Carvalho et. al. 2007, Braz 2019).

A espécie *Senna obtusifolia*, no 3º DAA apresentava sintomas enunciados a partir dos primeiros tratamentos. Para essa espécie, não houve interação significativa nos tratamentos com a presença de óleo mineral, não diferindo estatisticamente dos outros tratamentos no mesmo nível de controle (tabela 6).

A partir do 1º dia, as plantas já apresentaram fitointoxicação nas folhas, como murchamento, queima e lesões cloróticas, semelhantes a herbicidas de contato.

Possivelmente, essas lesões podem ser atribuídas a ação do extrato pirolenhoso na mistura. Liu *et. al.* (2020) notificaram sintomas semelhantes em plantas de *Gerânio caroliniano*, *Oxalis corniculata* e *Perilla frutescens*, quando submetidas aos tratamentos com extrato pirolenhoso.

Os sintomas apresentados nos primeiros dias, foram bem característicos da ação da molécula de 2,4-D, como atrofia de novas brotações, encarquilhamento das folhas. Ao contrário do que aconteceu com a *Crotalária juncea*, não houve entumescimento do caule, mas sim um escurecimento que atribuiu maior fragilidade a fixação da planta. Esse escurecimento, também pode ser associado a ação da molécula de 2,4-D, que pode gerar um estresse oxidativo que pode provocar na planta altas concentrações de etileno e ácido abscísico (Grosmann *et. al.*; 2009).

Os efeitos da ação da combinação das doses reduzidas de 2,4-D com extrato pirolenhoso, apresentaram no 15º DAA efeitos visuais notáveis (figura 10), podendo ser comparado com a representação gráfica de maneira clara e objetiva (figura 11).

Figura 11. Fitointoxicação aos 15 DAA da espécie *Senna obtusifolia*. Da esquerda para a direita: T1= Testemunha; T2= 0,5L 2,4-D + 1L EP; T3= 1L 2,4-D+ 0,5 L EP; 1,5 L 2,4-D (dose comercial recomendada).



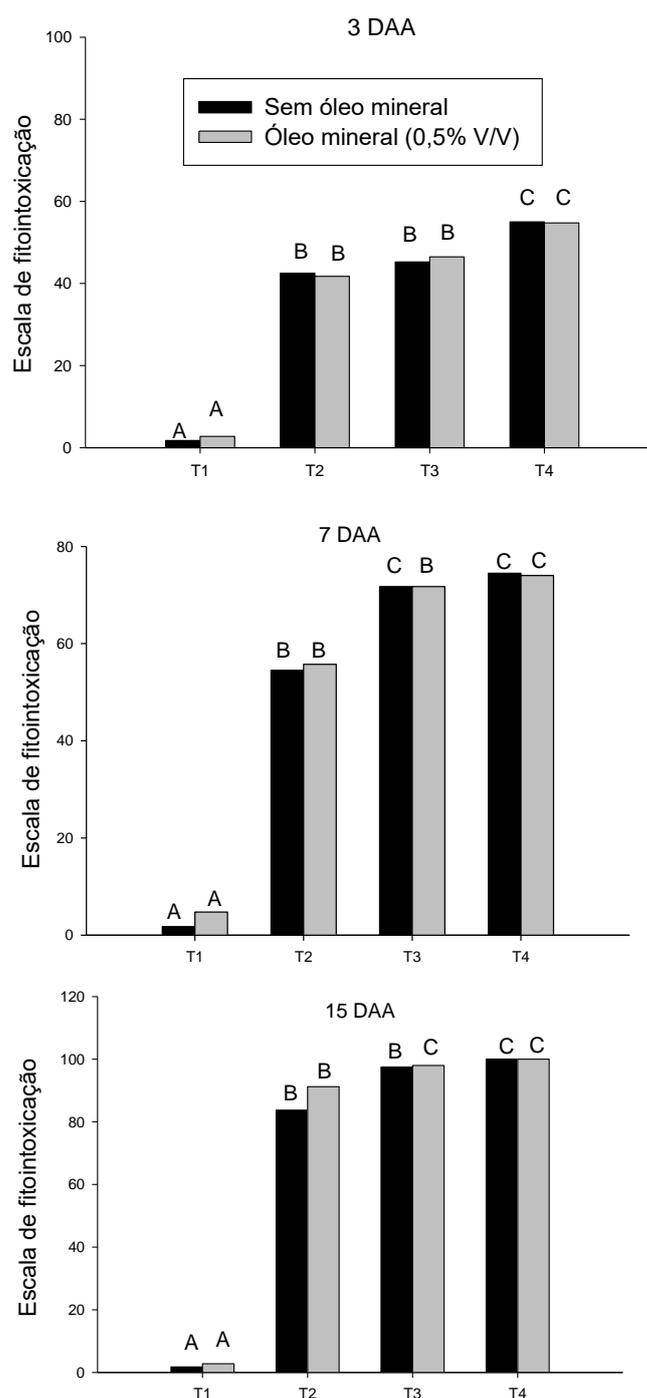
(A) Tratamentos sem óleo mineral
Fonte: autor (2023)

(B) Tratamentos com óleo mineral (0,5%).

Nos tratamentos sem a presença do óleo mineral, não houve diferença significativa no controle de *Senna obtusifolia* nas misturas T2 e T3, que apresentaram nível de controle de 82,5 e 97,5% respectivamente. A mistura T3, não diferiu estatisticamente da dose comercial recomendada, que obteve 100% de controle (tabela 6).

Nos tratamentos com o acréscimo de óleo mineral (0,5%), não houve diferença significativa entre T2, T3 e T4, que corresponde a dose comercial recomendada, apresentando média de controle de 87,5; 97,5; e 100% respectivamente (tabela 6).

Figura 12. Fitointoxicação (%) da *Senna Obtusifolia* após 3, 7 e 15 dias após aplicação (DAA). Letras maiúsculas diferentes entre tratamentos, diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre os tratamentos dentro



Fonte: autor (2023).

Tabela 5. Controle (%) de *Senna obtusifolia* aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Adjuvante	
	Sem óleo mineral	Óleo mineral
T1- Sem herbicida e EP	00,00 Aa	00,00 Aa
T2 - 0,5 L de 2,4-D + 1L de EP	82,50 Ba	87,50 Ba
T3 - 1 L 2, 4-D + 0,5 L de EP	97,50 BCa	97,50 Ba
T4 - 1,5 L 2,4-D	100,00 Ca	100,00 Ba
CV	11,19%	

Fonte: autor (2024)

Além do controle efetivo, as misturas de extrato pirolenhoso com a molécula de 2,4-D, também contribuiu para redução da massa seca (%) na espécie testada (tabela 7), independente da presença do óleo mineral como adjuvante, semelhante ao que aconteceu com a variável controle, não apresentando diferença significativa quando comparado aos tratamentos sem óleo.

Tabela 6. Massa seca relativa (%) de *Senna obtusifolia* aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes nas colunas e nas linhas, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade

Tratamento	Adjuvante	
	Sem óleo mineral	Óleo mineral
T1- Sem herbicida e EP	100,00 Aa	83,41 Ab
T2 - 0,5 L de 2,4-D + 1L de EP	14,31 Ba	16,02 Ba
T3 - 1 L 2, 4-D + 0,5 L de EP	4,01 Ba	3,07 BCa
T4 - 1,5 L 2,4-D	1,14 Ba	0,97 Ca
CV	25,40%	

Fonte: autor (2024)

A redução de massa seca foi bastante efetiva quando comparado com as testemunhas. Na misturas T2 sem óleo mineral, a média de massa seca assimilada foi de apenas 14,31% quando comparada com a média das testemunhas, e não diferiu

estatisticamente de T3 e T4, que apresentara médias de 4,01 e 1,14% respectivamente.

Nas misturas que tiveram a presença do óleo mineral (5% V/V), T2 apresentou média de 16,02%, e não diferiu de T3, com média de 3,07%, que por sua vez, não diferiu da dose comercial de 2,4-D, que foi de 0,97%.

Os resultados encontrados para o manejo de *Senna obtusifolia* mostram que a mistura de extrato pirolenhoso com o herbicida 2,4-D pode ser uma alternativa viável para o manejo dessa espécie em pós-emergência, e abre espaços para maiores investigações que possam contribuir para o manejo dessa espécie utilizando o extrato pirolenhoso.

No manejo da planta daninha *Bidens sp.* a fitointoxicação nas plantas de T2 e T3, foi percebida após 4 horas da aplicação, com as plantas apresentando lesões como murchamento, e queima das folhas. Esses resultados enunciados de maneira rápida, pode ser atribuída ao extrato pirolenhoso presente na composição da mistura, uma vez que uma vez que o extrato pirolenhoso apresenta ação fitotóxica com potencial herbicida (Liu *et. al.*, 2021).

A espécie *Bidens pilosa* já foi estudada como organismo alvo de ação herbicida de extrato pirolenhoso, e apresentou uma CL50 de 2% no manejo de plântulas recém germinadas, e controle de 50% em plantas maduras quando utilizados 653 L.Ha⁻¹, apresentando sintomas como clorose, queima de folhas e redução de massa seca (Chu, *et. al.*, 2022). Esses resultados corroboram com os efeitos visualizados nessa pesquisa, uma vez que a rápida ação do efeito fitotóxico, só foi observado nos tratamentos no qual haviam extrato pirolenhoso em sua composição (T2 e T3).

Aos 3 DAA, os efeitos visuais da fitointoxicação indicaram que os tratamentos apresentaram efeito sobre as plantas (figura 14). Em todos os tratamentos, incluindo os adjuvantes, os efeitos de fitointoxicação visual aumentaram conforme aumentava-se a concentração de 2,4-D, com o tratamento com a dose comercial apresentando maiores efeitos que os demais nos 3 e 7 DAA.

Entre os tratamentos sem a presença de óleo mineral, houve diferença significativa apenas nos tratamentos T2 aos 3DAA, no qual apresentou 44,25 sem óleo, e 46,25 com óleo mineral, e em T3 aos 7 DAA apresentando médias de 82, 75 sem óleo, e 84,5 com óleo.

Aos 15 DAA (figura 13), com excessão das testemunhas, não houve diferença signitiva entre os tratamentos, apresentando alto índice de controle na tabela de fitointoxicação visual (figura 14).

Figura 13. Fitointoxicação aos 15 DAA da espécie *Biddens* spp. Da esquerda para a direita: T1= Testemunha; T2= 0,5L 2,4-D + 1L EP; T3= 1L 2,4-D+ 0,5 L EP; 1,5 L 2,4-D (dose comercial recomendada).

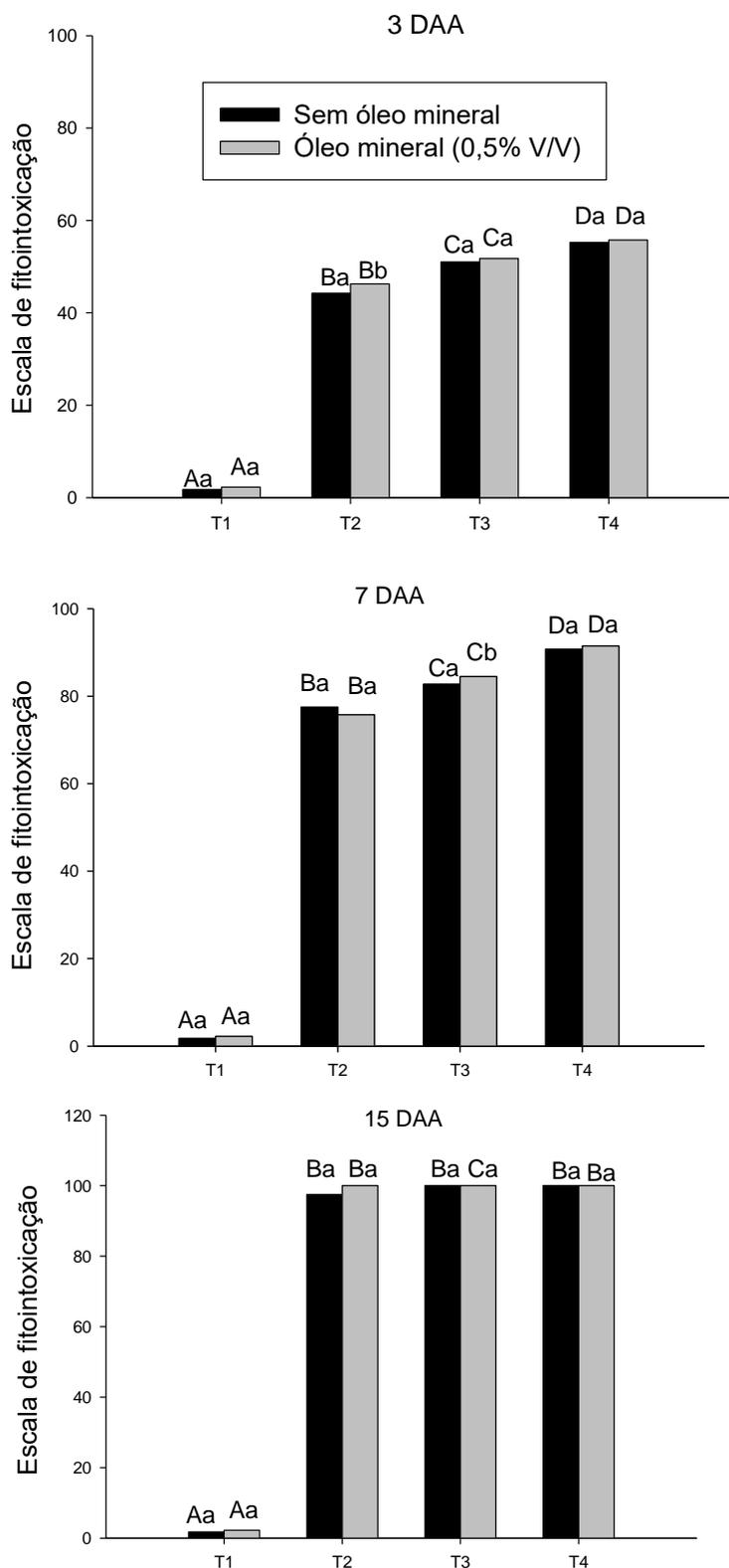


(A) Tratamentos sem óleo mineral
Fonte: autor (2023).



(B) Tratamentos com óleo mineral (0,5%).

Figura 14. Fitointoxicação (%) de *Bidens* spp. após 3, 7 e 15 dias após aplicação (DAA). Letras maiúsculas diferentes entre tratamentos, e minúsculas dentro do mesmo nível, diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: autor (2023).

Na variável controle (tabela 8), com excessão das testemunhas, todos os tratamentos não variaram estatisticamente da dose comercial recomendada, independente do adjuvante. Esses resultados apontam que a mistura de extrato pirolenhoso com 2,4-D, pode ser uma alternativa viável para o manejo das plantas de *Bidens spp.* em pós-emergência.

Tabela 7. Controle (%) de *Bidens spp.* aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Adjuvante	
	Sem óleo mineral	Óleo mineral
T1- Sem herbicida e EP	00,00 Aa	00,00 Aa
T2 - 0,5 L de 2,4-D + 1L de EP	95,00 Ba	100,00 Ba
T3 - 1 L 2, 4-D + 0,5 L de EP	100,00 Ba	100,00 Ba
T4 - 1,5 L 2,4-D	100,00 Ba	100,00 Ba
CV	4,75%	

Fonte: autor (2024)

Na variável massa seca relativa (%) (tabela 9), houve diferença significativa entre os T1 (tratamentos sem herbicida e sem extrato pirolenhoso) com relação a presença de óleo mineral, no qual o tratamento com óleo mineral a 0,5% (V/V) apresentou redução de massa seca quando comparado com a testemunha sem óleo, apresentando 59,26% de massa seca relativa assimilada. De semelhante modo, os tratamentos T2, também apresentaram diferença significativa entre os tratamento com e sem óleo mineral, apresentando 2,24% e 0,00% de massa seca relativa. Isso se dá porque o óleo mineral por si só, atua na remoção da cutícula da planta, aumentando a perda de água, podendo causar danos ao desenvolvimento vegetal (Vargas; Roman, 2006)

De maneira geral, não houve diferença significativa entre as misturas, se comportando de maneira semelhante a variável controle, indicando que a mistura de extrato pirolenhoso e 2,4-D pode ser uma alternativa viável para o manejo de *Bidens spp.*

Tabela 8. Massa seca relativa (%) de *Bidens spp.* aos 15 DAA. Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes nas colunas e nas linhas, diferem entre si, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Adjuvante	
	Sem óleo mineral	Óleo mineral
T1- Sem herbicida e EP	100,00 Aa	59,26 Aa
T2 - 0,5 L de 2,4-D + 1L de EP	2,24 Ba	00,00 Bb
T3 - 1 L 2, 4-D + 0,5 L de EP	3,13 Ba	2,17 Ba
T4 - 1,5 L 2,4-D	1,63 Ba	1,02 Ba
CV	6,97%	

Fonte: autor (2024)

Estudos referentes a misturas de extrato pirolenhoso com herbicidas ainda são escassos, porém os presentes na literatura científica, apontam que a associação de extrato pirolenhoso com diferentes moléculas de herbicidas podem ser uma alternativa no manejo de plantas daninhas, podendo diminuir os custos com o manejo, e desenvolver novas tecnologias (Cueto *et. al.*, 2011; Esguerra *et. al.*, 2009).

Em pesquisas realizadas por Rico *et. al.* (2007), verificou-se que o herbicida a base de bensulfuron-metil + butacloro na metade da dose recomendada misturado com extrato pirolenhoso nas concentrações de 0,1% e 0,2% (V/V), apresentou eficácia no controle e massa seca das plantas daninhas *Echinochloa crus-galli*, *Monochoria vaginalis*, *Aneilema keisak*, *Ludwigia prostrata* e *Eleocharis kuroguwai*, no qual não diferiu da dose comercial recomendada.

O uso de extrato pirolenhoso como adjuvante de herbicida também foi testado na associação com oxifluorfen na metade da dose comercial recomendada, no qual utilizou-se concentrações de 100% (V/V) e 0,4% (V/V) de extrato pirolenhoso em calda de 498 L ha⁻¹, que inibiram a germinação de sementes de *Brachiaria decumbens*, *Bidens spp.* e *Amaranthus viridis* apresentando melhores resultados que a dose comercial do produto (Zeferino; Lima; Vieira, 2018).

O extrato pirolenhoso pode apresentar ação herbicida, a depender da concentração, e do estágio fenológico das espécies das plantas alvo. Isso pode ser atribuído a alta complexidade da sua composição química, e que pode variar de

acordo com o material vegetal utilizado e a temperatura e tempo de pirólise (Deng *et. al.*, 2023; Iacomino *et. al.*, 2024; Maliang *et. al.*, 2023).

Dentre os componentes mais abundantes da composição do extrato pirolenhoso, está o ácido acético, um composto etanoico carboxílico de cadeia aberta, que possui ação herbicida quando entra em contato com a superfície das folhas, (Benvenuti; Tardivo, 2018). No entanto, vale salientar que o extrato pirolenhoso apresenta uma série de outros compostos, como fenóis, cetonas, aldeídos e furanos, que podem contribuir para ação fitotóxica, em diferentes graus. Além disso, esses compostos orgânicos podem ajudar a fixar melhor os produtos na superfície da folha, e potencializar a ação dos herbicidas (Aguirre *et. al.*, 2020; Greaw; Abbey; Gunupuru, 2018; Liu *et. al.*, 2021)

O presente estudo, aponta que o extrato pirolenhoso quando associado a molécula de 2,4-D, potencializou a ação do herbicida, apresentando bons índices de controle das espécies de plantas daninhas estudadas quando comparada com a dose comercial do produto. Como estudo piloto, essa descoberta tem uma importância significativa, e abre a possibilidade para demais estudos com outros herbicidas auxínicos associados ao extrato pirolenhoso, podendo mitigar o uso de herbicidas, diminuindo custos de produção e os impactos ambientais.

4.4 Conclusões

A espécie *Crotalaria juncea* não apresentou resultados satisfatórios no controle até mesmo na dose recomendada de 2,4-D, com excessão do tratamento com óleo mineral.

As plantas daninhas *Senna obtusifolia* e *Bidens spp.* apresentaram ótimo controle em todos os tratamentos com mistura de extrato pirolenhoso e 2,4-D, independente da presença de óleo mineral.

As misturas de extrato pirolenhoso com 2,4-D reduziu a assimilação de massa seca das espécies *Crotalaria juncea*, *Senna obtusifolia* e *Bidens spp.*

4.5 Referências

- ASH, G. J. The science art business of succesful bioherbicides. **Biological Control**, [S.l.], v.52, n.3, 230-240, 2010.
- BARBOSA, W. S.; MODOLO, R.; FILGUEIRA, E. B.; SANTOS, R. W.; FRANÇA NETO, A. C.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SHOCKNESS, L. S. F.; SILVA MARINHO, D.; FERREIRA, E. EXTRATO PIROLENHOSO NO DESENVOLVIMENTO DE ESTOLÕES DE BRAQUIÁRIA HUMIDICOLA. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 4, n. 7, p. e473504, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v4i7.3504. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3504>. Acesso em: 27 jan. 2024.
- BENVENUTI, A.; TARABORRELLI, L. ACIDO ACETICO COME ERBICIDA NATURALE: ALCUNE ESPERIENZE EFFETTUATE IN VIGNETI DI AGROECOSISTEMI DELLA TOSCANA. In: ATTI GIORNATE FITOPATOLOGICHE, 56., 2018, Bolonha. **Protezone delle couture, qualità, ambiente**. Bolonha: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari Università di Bologna, 2018. p. 509-514. Disponível em: <http://www.giornatefitopatologiche.it/it/elenco/24/2018/acido-acetico-come-erbicida-naturale-alcune-esperienze-effettuate-in-vigneti-di-agroecosistemi-della-toscana/4729>. Acesso em: 05 fev. 2024.
- BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; CARMO, E. L. do; ROCHA, A. G. C.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B. Desempenho agrônômico e supressão de plantas daninhas no sorgo em semeadura adensada. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 2, p. 170-177, 2019.
- BRUSSASRD, L.; CAMPBELL, B.; LIPPER, L.; MAINKA, S.; RABBINGE, R.; BABIN, R.; PULLEMAN, M. Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], v. 2, p.34-42, 2010.
- CAIXETA, J. P. L.; FRANCO JUNIOR, K. S.; BRIGANTE, G. P.; DIAS, M. S. Efeito de adjuvante associado a herbicidas no controle de *Digitaria insularis* L. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v.18, n.4, p. 1-6, 2019.
- CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M.S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. Br-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2007.
- CHU, L.; LIU, H.; ZHANG, Z.; ZHAN, Y.; WANG, K.; YANG, D.; LIU, Z.; YU, J. Evaluation of Wood Vinegar as an Herbicide for Weed Control. **Agronomy**, [S.l.], v. 12, n. 12, p. 3120-3133, 8 dez. 2022. MDPI AG. DOI: 10.3390/agronomy12123120.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/12/3120>. Acesso em: 22 maio 2023.

CONCENÇO, G.; SILVA, C. J.. **Dessecação de espécies de crotalária visando à implantação de canaviais em sucessão**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 9 p. (Comunicado técnico). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1048753>. Acesso em: 05 fev. 2024.

CUETO, M. F. M.; ASCENAS, X. S.; NUNEZ, J. P. P.; SEO, P.; KIM, Y.. Effect of Liquid Herbicide Combined with Rice Vinegar and Wood Vinegar on Barnyard Grass (*Echinochloa crus-galli*). **Korean Weed Society**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 149-149, dez. 2011. Disponível em: <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE02236502>. Acesso em: 27 jan. 2024.

DENG, H.; ZHANG, Y.; LIU, K.; MAO, Q.; AGATHOKLEOUS, E.. Allelopathic effects of Eucalyptus extract and wood vinegar on germination and sprouting of rapeseed (*Brassica rapa* L.). **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 4280-4289, 15 dez. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-023-31481-w>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-31481-w>. Acesso em: 27 jan. 2024.

ESGUERRA, M.; HEO, K. H.; CHO, S. S.; RICO, C. M.; SON, T. K.. Effects on Mixture Treatment of Wood Vinegar and Bentazone+Cyhalofop-butyl on Barnyard Grass (*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*). **Journal Of The Korean Weed Society**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 112-120, jun. 2009. Disponível em: <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE02230820>. Acesso em: 27 jan. 2024.

ESPANHOL, M. .; PARREIRA, M. C. .; DUARTE, D. J. .; CORREIA, N. M. . Dessecação de *Crotalaria juncea* no outono. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 90-97, 2022. DOI: 10.5039/agraria.v6i1a1012. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v6i1a1012>. Acesso em: 1 fev. 2024.

FURQUIM, L. T.; MONQUERO, P. A.; SILVA, R. P. Efeito de herbicidas no crescimento inicial do sorgo sacarino. **Nativa**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 37-42, 2019.

GREWAL, A.; ABBEY, L.; GUNUPURU, L. R. Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. **Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis**, [S.L.], v. 135, p. 152-159, 05 out. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016523701830456X>. Acesso em: 27 jan. 2024

GROSSMANN, Klaus. Auxin herbicidas: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science**, [S.L.], v. 66, n. 2, p. 113-120, 12 out. 2009. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1002/ps.1860>. Disponível em:
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.1860?casa_token=dDP_ZD70D5sAAAAA:ETBg1AxAvKT1NCXFg4rBW7J2hKSPsHt5Cr6owp6zgotwbO5L65Z8O8x76l9TgTXNXwCJuS4PBZ0WHw. Acesso em: 27 jan. 2024.

ACOMINO, G.; IDBELLA, M.; STAROPOLI, A.; NANNI, B.; BERTOLI, T.; VINALE, F.; BONANOMI, G.. Exploring the Potential of Wood Vinegar: chemical composition and biological effects on crops and pests. **Agronomy**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 114, 2 jan. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy14010114>.

INOUE, M. H.; DUARTE, K. M. F.; MENDES, K. F.; SZTOTZ, J.; BEN, R.; PEREIRA, R. F. Eficácia de herbicidas aplicados em plantas adultas de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 148, 2012.

LIU, X.; ZHAN, Y.; LI, X.; LI, Y.; FENG, X.; BAGAVATHIANNAN, M.; ZHANG, C.; QU, M.; YU, J. The use of wood vinegar as a non-synthetic herbicide for control of broadleaf weeds. **Industrial Crops And Products**, Amsterdã, v. 173, p. 114105, dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114105>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021008700?via%3Di> hub. Acesso em: 30 jun. 2023.

MALIANG, H.; LI, Y.; WANG, Y.; JIN, L.; LIU, H.; CHEN, A.; CHEN, J.; MA, J.. Pyrolytic acids from biomass charcoal by-product as a potential non-selective bioherbicide for organic farming: its chemical components, greenhouse phytotoxicity and field efficacy. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 30, n. 6, p. 14126-14138, 23 set. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-022-23087-5>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/1/114>. Acesso em: 27 jan. 2024.

PINHEIRO, G. H. R. **Hormesis na cultura da soja em resposta à aplicação de 2,4-D sal colina**. 2020. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2020.

Paula, S. M. **Efeito de herbicidas em pós-emergência em crotalárias**. 2015. 64 f. Dissertação (mestrado) - Mestrado em Agronomia. 2015.

PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, E.A.; SILVA, E.A.M.; SILVA, A.A.; RUFINO, R.J.N.; SANTOS, J.B. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III - *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 21, n.1, p. 1-9, 2003.

RICO, C. M.; SOUVANDOUANE, S.; MINTAH, L. O.; CHUNG, I.; LEE, S.. Effects of Mixed Application of Wood Vinegar and Herbicides on Weed Control, Yield and Quality of Rice (*Oryza sativa* L.). **Korean Journal Of Crop Science**, [s. l.], v. 54, n. 4, p. 387-392, 2007. Disponível em: <https://koreascience.kr/article/JAKO200706414483846.page>. Acesso em: 27 jan. 2024.

RIGON, E.; AMADO, T. J. C.; POTT, L. P.; ULGUIM, A. da R.; BUHSE, A. K. Densidade de plantas daninhas sob intervenções em três distintas zonas de manejos. **Agrarian**, [S.l.], v. 13, n. 49, p. 405–418, 2020.

RODRIGUES NETO, A. D.; ALMEIDA, M. S.; PRADO, E. P.; TROPALDI, L.; FIRMINO, A. C.; BONINI, C. S. B.; VIANA, R. S.; LIMA, R. C. Otimização da atividade de herbicidas com diferentes adjuvantes na fitotoxicidade de *Digitaria insularis* no estágio de florescimento. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.15, n.5, p. 120-126, 2019.

SILVA, D. R. O. CUCHI, M. L.; DA SILVA, A. A. A.; NOVELLO, B. D.; BASSO, C. J. Chuva simulada após aplicação de 2,4-D e dicamba na pré-semeadura de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 50, p. e62780, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.
Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. SBCPD, 1995. 42p.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 61 p.

YAMASHITA, O. M.; SILVA, G. B.; RONDON NETO, R. M.; CAMPOS, O. R.; PERES, W. M. Interferência de subdoses de glyphosate no desenvolvimento de plantas jovens de nim. **Nativa**, [S.l.] v. 5, n. 3, p. 163-268, 2017.

Apendices

Apendice A – Tabelas de Análise variância

Capítulo I

Tabela 1. Quadro da análise de variância para controle aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo mineral (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	112761.50000	28190.375000	190.261	0.0000
Espécie	4	21641.500000	5410.375000	36.515	0.0000
Concen x Esp	16	24388.500000	1524.281250	10.288	0.0000
erro	75	11112.500000	148.166667		
Total corrigido	99	169904.000000			
CV (%)	20,7				
Média geral:	58,60	Número de observações:		100	

Fonte: autor (2024)

Tabela 2. Quadro da análise de variância para massa seca aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo mineral (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	129865.255850	32466.313963	3235.385	0.0000
Espécie	4	15400.497020	3850.124255	383.679	0.0000
Concen x Esp	16	19149.297180	1196.831074	119.269	0.0000
erro	75	752.607050	10.034761		
Total corrigido	99	165167.657100			
CV (%)	8,42				
Média geral:	37,61	Número de observações:		100	

Fonte: autor (2024)

Tabela 3. Quadro da análise de variância para controle aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo siliconado (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	103814.000000	25953.500000	161.620	0.0000
Espécie	4	21764.000000	5441.000000	33.883	0.0000
Concen x Esp	16	18811.000000	1175.687500	7.321	0.0000
erro	75	12043.750000	160.583333		
Total corrigido	99	165167.657100			
CV (%)	25,68				
Média geral:	49,35	Número de observações:		100	

Fonte: autor (2024)

Tabela 4. Quadro da análise de variância para massa seca aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de coco e eucalipto com óleo siliconado (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	123812.094296	30953.023574	2989.187	0.0000
Espécie	4	19758.517306	4939.629326	477.028	0.0000
Concen x Esp	16	20347.591244	1271.724453	122.813	0.0000
Erro	75	776.624925	10.354999		
Total corrigido	99	165167.657100			
CV (%)	8,20				
Média geral:	39,23	Número de observações:		100	

Fonte: autor (2024)

Tabela 5. Quadro da análise de variância para controle aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de comercial e óleo mineral (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	150865.000000	37716.250000	907.004	0.0000
Espécie	4	4790.000000	1197.500000	28.798	0.0000
Concen x Esp	16	10245.000000	640.312500	15.398	0.0000
Erro	75	3118.750000	41.583333		
Total corrigido	99	165167.657100			
CV (%)	10,70				
Média geral:	60,25	Número de observações:		100	

Fonte: autor (2024)

Tabela 6. Quadro da análise de variância para massa seca aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de comercial e óleo mineral (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	139480.950567	34870.237642	517.157	0.0000
Espécie	4	5658.861093	1414.715273	20.982	0.0000
Concen x Esp	16	12077.010574	754.813161	11.195	0.0000
Erro	75	5057.006911	67.426759		
Total corrigido	99	165167.657100			
CV (%)	22,21				
Média geral:	36,97	Número de observações:		100	

Fonte: autor (2024)

Tabela 7. Quadro da análise de variância para controle aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de comercial e óleo siliconado (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	150545.000000	37636.250000	252.169	0.0000
Espécie	4	1160.000000	290.000000	1.943	0.0000
Concen x Esp	16	7870.000000	491.875000	3.296	0.0000
Erro	75	11193.750000	149.250000		
Total corrigido	99	170768.750000			
CV (%)	22,31				
Média geral:	54,75	Número de observações:	100		

Fonte: autor (2024)

Tabela 8. Quadro da análise de variância para massa seca aos 15 DAA das plantas daninhas submetidas as concentrações de extrato pirolenhoso de comercial e óleo siliconado (0,5%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentração	4	145574.185879	36393.546470	390.763	0.0000
Espécie	4	2812.331900	703.082975	7.549	0.0000
Concen x Esp	16	9384.690130	586.543133	6.298	0.0000
Erro	75	6985.090719	93.134543		
Total corrigido	99	170768.750000			
CV (%)	23,24				
Média geral:	41,52	Número de observações:	100		

Fonte: autor (2024)

Apendice B – Tabelas de Análise variância

Capítulo II

Tabela 9. Quadro de análise de variância para Fitointoxicação (%) da *Crotalaria juncea* aos 3, 7 e 15 DAA.

3 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	2320.093750	773.364583	82.036	0.0000
Adjuvante	1	75.031250	75.031250	7.959	0.0095
Trat. X Adju.	3	16.343750	5.447917	0.578	0.6351
Erro	24	226.250000	9.427083		
Total corrigido	31	2637.718750			
CV (%)	17,45				
Média geral:	17,59	Número de observações:		32	

7 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	14058.25000	4686.083333	1066.028	0.0000
Adjuvante	1	1176.125000	1176.125000	267.555	0.0000
Trat. X Adju.	3	2631.625000	877.208333	199.555	0.0000
Erro	24	105.500000	4.395833		
Total corrigido	31	17971.500000			
CV (%)	5,97				
Média geral:	35,12	Número de observações:		32	

15 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	21113.593750	7037.864583	3113.525	0.0000
Adjuvante	1	603.781250	603.781250	267.111	0.0000
Trat. X Adju.	3	267.593750	89.197917	39.461	0.0000
Erro	24	54.250000	2.260417		
Total corrigido	31	17971.500000			
CV (%)	3,82				
Média geral:	39,34	Número de observações:		32	

Fonte: autor (2024)

Tabela 10. Quadro de análise de variância para Fitointoxicação (%) da *Crotalaria juncea* submetidas aos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	12962.500000	4320.833333	98.762	0.0000
Adjuvante	1	4050.000000	4050.000000	92.571	0.0000
Trat. X Adju.	3	3625.000000	1208.333333	27.619	0.0000
Erro	24	1050.000000	43.750000		
Total corrigido	31	2637.718750			
CV (%)	24,61				
Média geral:	26,87	Número de observações:		32	

Tabela 11. Quadro de análise de variância para massa seca (%) da *Crotalaria juncea* submetidas aos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	25617.954363	8539.318121	139.215	0.0000
Adjuvante	1	1259.518050	1259.518050	20.534	0.0001
Trat. X Adju.	3	317.386375	105.795458	1.725	0.1886
Erro	24	1472.141200	61.339217		
Total corrigido	31	2637.718750			
CV (%)	14,31				
Média geral:	26,87	Número de observações:		32	

Fonte: autor (2024)

Tabela 12. Quadro de análise de variância para Fitointoxicação (%) da *Crotalaria juncea* aos 3, 7 e 15 DAA.

3 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	13176.843750	4392.281250	1429.353	0.0000
Adjuvante	1	0.281250	0.281250	0.092	0.7649
Trat. X Adju.	3	4.593750	1.531250	0.498	0.6869
Erro	24	73.750000	3.072917		
Total corrigido	31	13255.468750			
CV (%)	4.84				
Média geral:	36.21	Número de observações:		32	
7 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	27111.593750	9037.197917	2218.852	0.0000
Adjuvante	1	0.781250	0.781250	0.192	0.6653
Trat. X Adju.	3	3.343750	1.114583	0.274	0.8439
Erro	24	97.750000	4.072917		
Total corrigido	31	17971.500000			
CV (%)	3.97				
Média geral:	3.97	Número de observações:		32	
15 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	52697.375000	17565.791667	416.580	0.0000
Adjuvante	1	36.125000	36.125000	0.857	0.3639
Trat. X Adju.	3	77.375000	25.791667	0.612	0.6140
Erro	24	1012.000000	42.166667		
Total corrigido	31	53822.875000			
CV (%)	9.04				
Média geral:	71.8125000	Número de observações:		32	

Fonte: autor (2024)

Tabela 13. Quadro de análise de variância para controle (%) da *Senna obtusifolia* submetidas aos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	54237.500000	18079.166667	289.267	0.0000
Adjuvante	1	12.500000	12.500000	0.200	0.6587
Trat. X Adju.	3	37.500000	12.500000	0.200	0.8954
Erro	24	1500.000000	62.500000		
Total corrigido	31	55787.500000			
CV (%)	11.19				
Média geral:	70.6250000	Número de observações:	32		

Tabela 14. Quadro de análise de variância para massa seca (%) da *Senna obtusifolia* submetidas aos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	44376.288784	14792.096261	298.983	0.0000
Adjuvante	1	127.880028	127.880028	2.585	0.1210
Trat. X Adju.	3	430.277609	143.425870	2.899	0.0558
Erro	24	1187.394925	49.474789		
Total corrigido	31	46121.841347			
CV (%)	25.24				
Média geral:	27.8678125	Número de observações:	32		

Fonte: autor (2024)

Tabela 15. Quadro de análise de variância para Fitointoxicação (%) da *Biddens spp.* aos 3, 7 e 15 DAA.

3 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	14660.593750	4886.864583	3753.112	0.0000
Adjuvante	1	7.031250	7.031250	5.400	0.0289
Trat. X Adju.	3	3.093750	1.031250	0.792	0.5103
Erro	24	31.250000	1.302083		
Total corrigido	31	13255.468750			
CV (%)	2.96				
Média geral:	38.5312500	Número de observações:	32		
7 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	40954.125000	13651.375000	12363.509	0.0000
Adjuvante	1	1.125000	1.125000	1.019	0.3229
Trat. X Adju.	3	11.125000	3.708333	3.358	0.0354
Erro	24	26.500000	1.104167		
Total corrigido	31	17971.500000			
CV (%)	1.66				
Média geral:	63.31	Número de observações:	32		
15 DAA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	57143.375000	19047.791667	5975.778	0.0000
Adjuvante	1	4.500000	4.500000	1.412	0.2464
Trat. X Adju.	3	8.500000	2.833333	0.889	0.4610
Erro	24	76.500000	3.187500		
Total corrigido	31	53822.875000			
CV (%)	2.37				
Média geral:	75.1875000	Número de observações:	32		

Fonte: autor (2024)

Tabela 16. Quadro de análise de variância para controle (%) de *Biddens spp.* submetidas aos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	59037.500000	19679.166667	1574.333	0.0000
Adjuvante	1	12.500000	12.500000	1.000	0.3273
Trat. X Adju.	3	37.500000	12.500000	1.000	0.4098
Erro	24	300.000000	12.500000		
Total corrigido	31	59387.500000			
CV (%)	4.75				
Média geral:	74.3750000	Número de observações:	32		

Tabela 17. Quadro de análise de variância para massa seca (%) de *Biddens spp.* submetidas aos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	36450.756034	12150.252011	5578.401	0.0000
Adjuvante	1	992.239878	992.239878	455.555	0.0000
Trat. X Adju.	3	2339.111334	779.703778	357.976	0.0000
Erro	24	52.274125	2.178089		
Total	31	46121.841347			
corrigido					
CV (%)	6.97				
Média geral:	21.1840625	Número de observações:	32		

Fonte: autor (2024)