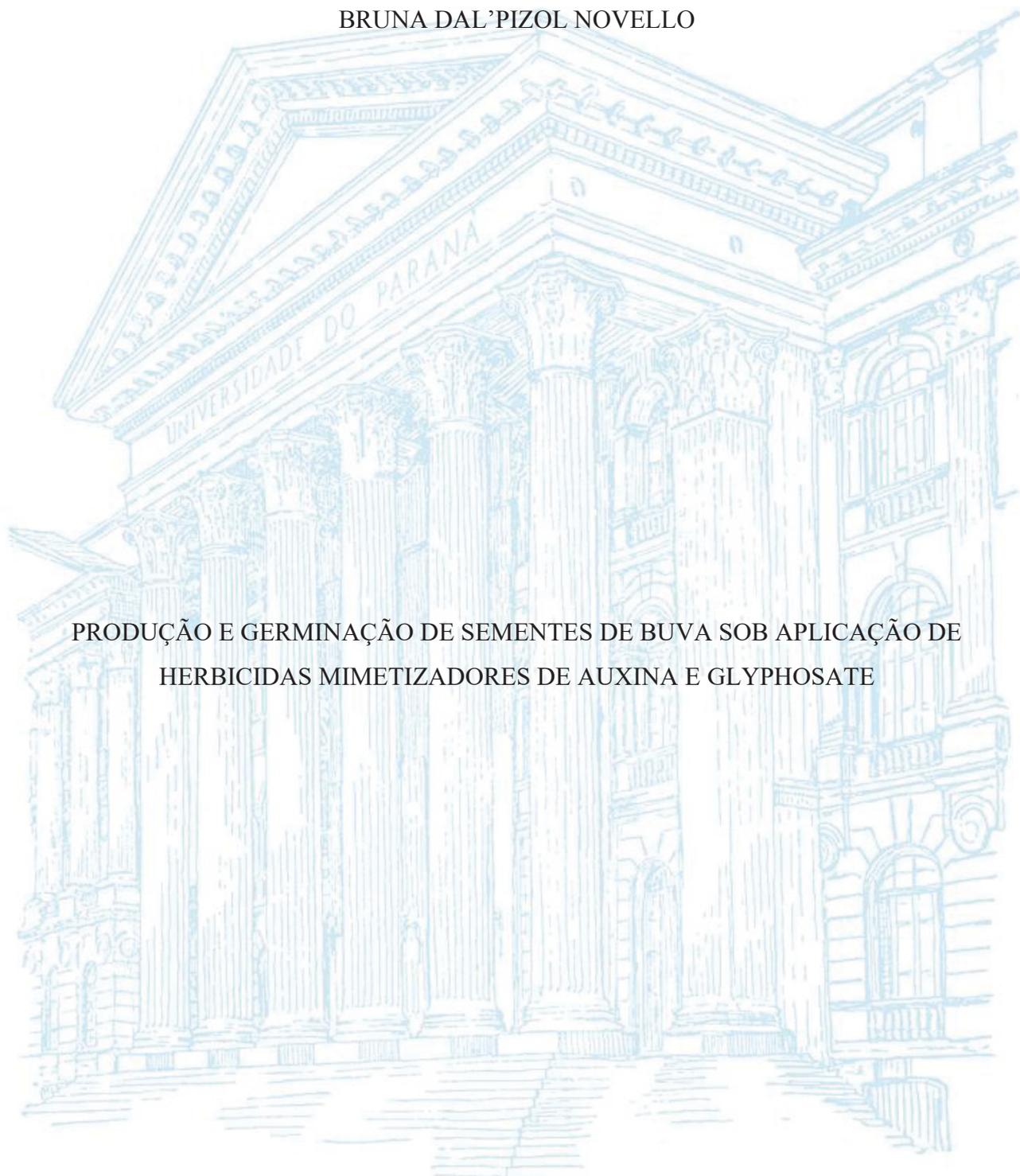


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA DAL'PIZOL NOVELLO



PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE BUVA SOB APLICAÇÃO DE
HERBICIDAS MIMETIZADORES DE AUXINA E GLYPHOSATE

CURITIBA

2022

BRUNA DAL'PIZOL NOVELLO

PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE BUVA SOB APLICAÇÃO DE
HERBICIDAS MIMETIZADORES DE AUXINA E GLYPHOSATE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso
Co-orientador: Prof. Dr. Diecson Ruy Orsolin da Silva

CURITIBA

2022

Novello, Bruna Dal'Pizol

Produção e germinação de sementes de buva sob aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate. - Curitiba, 2022.

41f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso

Co-orientador: Prof. Dr. Diecson Ruy Orsolin da Silva

1. Plantas - Resíduos herbicidas. 2. Conyza spp.. 2,4-D. 3. Herbicidas mimetizadores de auxina. I. Barroso, Arthur Arrobas Martins. II. Silva, Diecson Ruy Orsolin da. III. Título IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **BRUNA DAL'PIZOL NOVELLO** intitulada: **PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE BUVA SOB APLICAÇÃO DE HERBICIDAS MIMETIZADORES DE AUXINA E GLYPHOSATE**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 18 de Fevereiro de 2022.

Assinatura Eletrônica

31/03/2022 15:52:41.0

ARTHUR ARROBAS MARTINS BARROSO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/04/2022 09:38:19.0

DIECSON RUY ORSOLIN DA SILVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)

Assinatura Eletrônica

31/03/2022 10:32:04.0

ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5601 - E-mail: pgapv@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 170198

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 170198

À Deus pelo dom da vida, aos meus pais Evete Dal’Pizol e Volmar Novello, e aos meus irmãos por serem meu espelho e inspiração, dedico-lhes este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, por toda a proteção e por sempre me dar forças para seguir em frente e à Nossa Senhora Aparecida por sempre me cobrir com seu manto e interceder por mim.

À minha família, meus pais Evete e Volmar, aos meus irmãos, Juares, Lucas, Daniela e Regina, por todo o suporte necessário, pela confiança depositadas em mim, pelos ensinamentos, paciência e amor, e pela compreensão dos momentos de ausência.

Aos meus sobrinhos, Henrique, Luana, Maria Eduarda e Laura, por me fazerem acreditar na beleza da vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso, agradeço pela oportunidade de ingressar no mestrado, por ter me acolhido no grupo de pesquisa, pela valiosa orientação e confiança em mim depositada, por todos os conselhos e pela amizade. Mesmo em um momento tão difícil quanto esse, de estarmos enfrentando uma pandemia, sempre foi compreensivo e não mediu esforços para o desenvolvimento da nossa pesquisa, obrigada professor!

Ao Prof. Dr. Diecson Ruy Orsolin da Silva, agradeço pelo incentivo que sempre me deu para que continuasse na pós-graduação, por todos os conselhos e pela amizade, e também pela valiosa orientação e confiança em mim depositada.

Ao Prof. Dr. Alfredo Júnior Paiola Albrecht, por ter me auxiliado nesta pesquisa, pela confiança em mim depositada, e pela amizade.

À Profa. Dra. Elisabeth de Araujo Schwars, por não medir esforços para me auxiliar na identificação das espécies de buva, obrigada professora.

Aos colegas da Rede de Pesquisa em Matologia, por me acolherem no grupo, pelos ensinamentos compartilhados e pela amizade, levarei cada um de vocês em meu coração.

À UFPR e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Produção Vegetal, pela possibilidade da realização deste trabalho.

À Estação Experimental Agrícola Campos Gerais – EEACG, pela disponibilidade em ceder o local para a realização de parte deste trabalho.

Aos meus amigos, os anjos que Deus colocou na minha vida, vocês tiveram participação nesta fase e cada um de vocês foram essenciais para que eu conseguisse seguir em frente nessa jornada, obrigada amigos!

À minha amiga Marcela Zanatta, que é um anjo de luz que Deus colocou no meu

caminho para trilharmos essa jornada juntas. Gratidão por todos os conselhos, por todo o carinho, todo amor e cuidado que tu tiveste comigo durante esses anos, gratidão por não me deixar desistir, por ser minha âncora nessa jornada!!

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado, a qual foi fundamental para a realização desta pesquisa.

À secretária do PGAPV, Lucimara Antunes, por todo auxílio prestado quanto à parte burocrática da pós-graduação.

A todos que contribuíram para a concretização deste sonho que me ensinou muito sobre pesquisa e sobre a vida.

*“Não precisa ser algo fantástico, precisa ser algo seu, precioso assim.
Algo que sua vida faz com todo amor para outras vidas.
Algo com sua cara, sua energia, seu coração, seu chamado, seu trabalho com
alma. Sua riqueza, sua calma, seu dom.” - Ana Jácomo.*

RESUMO

A buva (*Conyza* spp.) pode produzir mais de 100 mil sementes por indivíduo. As plantas que não são controladas, irão completar seu ciclo de vida, reabastecendo o banco de sementes do solo, responsável pela presença de plantas daninhas em cultivos futuros. Estratégias que visem diminuir a produção e germinação de sementes de buva podem ser adotadas para reduzir o banco de sementes e prevenir infestações. Foram realizados experimentos com diferentes biótipos de buva (Canguiri, Palotina e Palmeira) com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina (2,4-D, dicamba, triclopyr e halauxifen-methyl) com ou sem mistura com o glyphosate e glyphosate isolado sobre o controle, produção e germinação das sementes de buva em diferentes estádios de aplicação (para biótipo Canguiri e Palotina, estágio vegetativo inicial, vegetativo tardio e reprodutivo inicial, e para o biótipo Palmeira, vegetativo tardio e reprodutivo inicial). Foram realizadas avaliações de controle das plantas aos 42 dias após a aplicação (DAA). Sementes foram coletas e realizadas avaliações de produção e germinação. Os dados foram submetidos à ANOVA ($p < 0,05$) usando procedimento PROC GLM no SAS (version 9.3, SAS Institute, Cary, NC), e contrastes ortogonais ($p < 0,05$) foram conduzidos para comparação entre misturas e grupos de herbicidas para cada estágio de aplicação da buva. Ocorreu resposta diferencial entre os biótipos de buva, para controle, produção e germinação das sementes. O controle com glyphosate isolado ou em mistura, e das moléculas de herbicidas mimetizadores de auxina foi dependente do biótipo utilizado e do estágio em que as plantas se encontravam. Os herbicidas mimetizadores de auxina isolados e em mistura com glyphosate e glyphosate isolado reduziram a produção e a germinação das sementes de buva, independentemente do biótipo que foi utilizado. A aplicação dos herbicidas na fase reprodutiva inicial reduziu a produção de sementes, enquanto que, a aplicação nas fases vegetativas inviabilizou a produção de sementes, para os biótipos Canguiri e Palotina. Nesses biótipos também ocorreu resposta diferencial em relação as moléculas de herbicidas mimetizadores de auxina. A aplicação dos herbicidas reduziu a germinação das sementes de buva, causando inviabilização da germinação, apenas ocorreu germinação quando aplicado glyphosate no biótipo Palmeira, no estágio reprodutivo inicial. Para todos os tratamentos utilizados quando as plantas não foram controladas, ocorreu redução da produção e germinação de sementes de buva. Para o biótipo Canguiri e Palotina as misturas com glyphosate potencializaram a redução da produção de sementes de buva.

Palavras-chave: *Conyza* spp., 2,4-D. Dicamba. Triclopyr. Halauxifen-methyl.

ABSTRACT

Horseweed (*Conyza* spp.) can produce more than 100,000 seeds per individual. Plants that are not controlled will complete their life cycle, replenishing the soil seed bank, responsible for the presence of weeds in future crops. Strategies that aim to reduce the production and germination of horseweed seeds can be adopted to reduce the seed bank and prevent infestations. Experiments were carried out with different horseweed biotypes (Canguiri, Palotina and Palmeira) with the objective of evaluating the effects of the application of auxin-mimicking herbicides (2,4-D, dicamba, triclopyr and halauxifen-methyl) with or without mixing with the glyphosate and isolated glyphosate on the control, production and germination of horseweed seeds at different application stages (for Canguiri and Palotina biotype, early vegetative, late vegetative and early reproductive stages, and for Palmeira biotype, late vegetative and early reproductive stages). Plant control evaluations were carried out at 42 days after application (DAA). Seeds were collected and production and germination evaluations were carried out. Data were subjected to ANOVA ($p < 0.05$) using PROC GLM procedure in SAS (version 9.3, SAS Institute, Cary, NC), and orthogonal contrasts ($p < 0.05$) were conducted for comparison between mixtures and groups of herbicides for each stage of horseweed application. There was a differential response between horseweed biotypes for control, production and seed germination. Control with glyphosate alone or in a mixture, and auxin-mimicking herbicide molecules was dependent on the biotype used and the stage at which the plants were. The auxin-mimicking herbicides alone and mixed with glyphosate and isolated glyphosate reduced the production and germination of horseweed seeds, regardless of the biotype that was used. The application of herbicides in the initial reproductive phase reduced seed production, while the application in the vegetative phases made seed production unfeasible for the Canguiri and Palotina biotypes. In these biotypes there was also a differential response in relation to the auxin-mimicking herbicide molecules. The application of herbicides reduced the germination of horseweed seeds, causing germination infeasibility, germination only occurred when glyphosate was applied to the Palmeira biotype, in the initial reproductive stage. For all treatments used when the plants were not controlled, there was a reduction in the production and germination of horseweed seeds. For the Canguiri and Palotina biotypes, the mixtures with glyphosate potentiated the reduction in horseweed seed production.

Key-words: *Conyza* spp. 2,4-D. Dicamba. Triclopyr. Halauxifen-methyl.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1	EXPERIMENTO EM CASA-DE-VEGETAÇÃO	15
2.2	EXPERIMENTO À CAMPO	16
2.3	ANÁLISE DA PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES	18
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	18
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1	EFICÁCIA DE CONTROLE.....	19
3.2	PRODUÇÃO DE SEMENTES.....	25
3.3	GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	28
4	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE 1 - SEMENTES PRODUZIDAS POR PLANTA DE BUVA BIÓTIPO CANGUIRI	39
	APÊNDICE 2 - SEMENTES PRODUZIDAS POR PLANTA DE BUVA BIÓTIPO PALOTINA	40
	APÊNDICE 3 - SEMENTES PRODUZIDAS POR PLANTA DE BUVA BIÓTIPO PALMEIRA	41

1 INTRODUÇÃO

A buva (*Conyza* spp.) pertencente à família Asteraceae, é uma espécie de planta daninha monóica, com propagação exclusivamente por sementes. Apresenta capítulos fechados durante a polinização, com média de 4% de polinização cruzada (SHIELDS et al., 2006; SMISEK et al., 1998). Possui ciclo anual ou bianual, podendo produzir mais de 100 mil sementes por indivíduo; sementes que são pequenas e compostas por papilus o que facilita sua dispersão, podendo chegar a mais de 180 quilômetros de distância da planta mãe (KASPARY et al., 2017; LIU; QI; WANG, 2018). As sementes de buva uma vez no solo, podem permanecer viáveis por até três anos (SHRESTHA et al., 2008), o que vai depender também da profundidade de enterrio e da temperatura do solo (VARGAS et al., 2018).

Assim como acontece para outras plantas, as condições ambientais regulam a germinação e a emergência das sementes de buva, que é classificada como fotoblástica positiva (VIDAL et al., 2007), onde a luz e a temperatura atuam no posicionamento da semente no solo. Portanto, dependendo da profundidade em que está enterrada no solo, a semente de buva pode não apresentar nenhuma resposta ao estímulo de luz e temperatura, podendo permanecer em dormência no solo (VIVIAN et al., 2008).

A buva é nativa das Américas e está distribuída por quase todo o mundo, sendo encontradas em países, como a África, Ásia-Pacífico e Europa. No Brasil, está espalhada por todo o território nacional, e representa uma espécie de difícil controle já que apresenta diversos biótipos que possuem resposta diferencial a aplicação de herbicidas, como em estudos realizados por Moretti et al. (2021) com diferentes biótipos de buva, a resposta de controle de cada biótipo dependeu do herbicida testado e diferiu entre as espécies de buva, como por exemplo, as doses de 2,4-D necessárias para matar 50% dos biótipos resistente ao glyphosate e resistente ao glyphosate e paraquat foram 3,9 e 6,8 vezes maiores que o biótipo suscetível ao glyphosate e paraquat.

Além de biótipos que possuem resistência a diferentes mecanismos de ação como os herbicidas inibidores da EPSPS, inibidores da ALS, atuantes no FSI e inibidores da Protox, e biótipos que possuem resistência múltipla aos inibidores da EPSPS+ALS, EPSPS+ALS+FSI e EPSPS+FSI+Protox+FSII+mimetizadores de auxina (HEAP, 2021). Somada à elevada produção de sementes, sua dispersão por grandes distâncias e a capacidade competitiva da espécie, leva ao sucesso de sua invasão e

expansão em diferentes cultivos agrícolas, tornando-se um dos principais problemas ligados ao manejo de plantas daninhas, no Brasil e no mundo (BAJWA et al., 2016).

Com crescimento rápido, após os primeiros estádios vegetativos, as plantas de buva possuem elevada capacidade competitiva e logo, elevada interferência em cultivos agrícolas, uma estratégia de manejo eficaz é essencial para que o rendimento das culturas não seja reduzido, chegando em alguns casos a até 90% de perda com densidade de 100 a 200 plantas de buva por metro quadrado (BRUCE; KELLS, 1990; WEAVER, 2001).

Outros estudos demonstram 25,9% de redução na produtividade da soja com uma planta por metro quadrado (AGOSTINETTO; SILVA; VARGAS, 2017). As plantas de buva, resistentes a herbicidas, uma vez não controladas no campo, irão completar seu ciclo de vida, reabastecendo o banco de sementes do solo, responsável pela presença de plantas daninhas em cultivos futuros (EKELEME et al., 2003).

Estratégias que visem a diminuir o banco de sementes de plantas daninhas são cruciais no manejo do problema (SCHAEFFER et al., 2020), seja via redução na produção de novas sementes ou na viabilidade destas. Na Austrália e Estados Unidos da América, uma abordagem não-química está sendo usada, através da destruição mecânica de sementes durante a colheita (WALSH et al., 2013). Outra alternativa é a redução na produção e viabilidade das sementes, através do uso de herbicidas, como no caso da buva resistente ao glyphosate, que ao receberem aplicação deste herbicida no estágio reprodutivo inicial, inibiu a produção de sementes (PIASECKI et al., 2019).

Assim como o glyphosate, herbicidas auxínicos podem ter efeito sobre a fisiologia das sementes, como demonstrado por Costa et al. (2020), onde a aplicação de dicamba em plantas de soja em estágio vegetativo e reprodutivo diminui a germinação das sementes em até 64%, constatando que a qualidade fisiológica das sementes declina mesmo após o armazenamento quando essas plantas foram expostas ao herbicida.

Aliado à aplicação de herbicidas para inibir a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas, acertar o estágio de crescimento para a interferir no desenvolvimento de sementes sadias é fundamental para a técnica de inviabilização química. Sabe-se que a aplicação de glyphosate em estádios reprodutivos iniciais pode afetar os níveis do hormônio vegetal ácido indol-acético (AIA) nas sementes, o que pode inibir a germinação e emergência das plântulas (CLAY et al., 2000).

Em geral, as plantas são mais vulneráveis às condições de estresse quando estão em fase reprodutiva precoce (WALKER; OLIVER, 2008). Durante a reprodução,

qualquer tipo de estresse pode afetar a produção de fotoassimilados e diminuir o fluxo metabólico entre fonte e dreno, favorecendo a produção de sementes com baixas reservas energéticas e reduzindo o acúmulo de proteínas importantes, tornando-a de baixa qualidade fisiológica (BARNABÁS et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2017).

O desenvolvimento de cultivares de soja tolerantes aos herbicidas mimetizadores de auxina permitirá que esses herbicidas sejam aplicados no manejo de dessecação e pós emergência da cultura e, invariavelmente, as plantas de buva receberão doses destes herbicidas em diferentes estádios de crescimento. Diante disto, esta pesquisa teve como hipóteses que biótipos de buva que não forem controlados pelos herbicidas, reduzirão a produção e a germinação das sementes. Os herbicidas mimetizadores de auxina em mistura com glyphosate irão potencializar a redução da germinação e produção de sementes de buva.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o controle, produção e germinação de sementes de biótipos de buva de diferentes ambientes submetidos a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados ou em mistura em diferentes estádios fenológicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 EXPERIMENTO EM CASA-DE-VEGETAÇÃO

Dois experimentos foram conduzidos sob condições semicontroladas em casa-de-vegetação (controle de luz e disponibilidade hídrica) no laboratório de Matologia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, localizada em Curitiba-PR (25°24'44.75"S 49°14'52.42"O). Na casa-de-vegetação, a incidência luminosa com fotoperíodo de 12 horas, foi garantido pela presença de lâmpadas de vapor metálico de alta pressão. A irrigação dos vasos foi feita diariamente durante a condução do experimento.

Sementes de plantas de buva foram coletadas em uma área de proteção ambiental e livre da aplicação de herbicidas na Fazenda Experimental Canguiri, localizada em Pinhais-PR (25°23'13.9" S 49°07'36.01" O), sendo este denominado de biótipo Canguiri. Em uma lavoura comercial de produção de grãos localizado em Palotina-PR (24°20'03.55" S 53°49'23.69" O), com relatos de falha no controle de plantas de buva, foram coletadas sementes de plantas de buva, o qual foi denominado de biótipo Palotina. Após as coletas, as sementes foram armazenadas em sacos de papel, em temperatura ambiente, ambos biótipos foram coletados em abril de 2020.

Dois experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação, sendo um iniciado em junho de 2020 com biótipo Canguiri e outro em julho de 2021 com biótipo Palotina. Para condução desses experimentos foi realizada a quebra da dormência das sementes de buva deixando-as armazenadas por um período de 60 dias após a colheita. Sementes de buva foram depositadas sob mistura de solo e substrato hortícola (Plantmax) na proporção 1:1 em bandeja.

Quando as plantas se encontravam com aproximadamente três folhas, foi realizado o transplântio de uma planta para vasos de cinco litros contendo solo, que apresentava as seguintes características químicas: pH em água= 4,8; Ca= 8,4 cmolc dm⁻³; Mg= 4,9 cmolc dm⁻³; Al= 0,1 cmolc dm⁻³; H+Al= 8,4 cmolc dm⁻³; CTC pH7= 21,62 cmolc dm⁻³; SMP= 5,3; P= 7,0 mg dm⁻³; K= 0,12 cmolc dm⁻³ e saturação de base (V%) de 61%, e características físicas de Latossolos Vermelho-Amarelado distrófico húmico de textura argilosa.

Em ambos os experimentos, utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), organizado em esquema fatorial 9x3, com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos pela aplicação de quatro herbicidas mimetizadores de

auxina, 2,4-D (DMA 806 BR, 670 g ea L, Dow AgroSciences, São Paulo), dicamba (Atectra, 480 g ea L, Basf S.A., São Paulo), triclopyr (Triclon, 480 g ea L, UPL do Brasil, Itupevara) e halauxifen-methyl+diclosulam (Paxeo, 110,33 g ea kg + 580 g ea kg, Dow AgroSciences, Buenos Aires), sendo que as doses utilizadas foram 806, 480, 480, 110,33 g ea ha⁻¹, respectivamente, sendo os herbicidas ora utilizados isoladamente ou em mistura com glyphosate (Glizmax, 648 g ea L, Dow AgroSciences, São Paulo), e glyphosate isolado, na dose de 648 g ea ha⁻¹. O herbicida Paxeo foi utilizado mesmo possuindo diclosulam em sua formulação comercial, pois não existe venda isolada de halauxifen-methyl no Brasil.

As aplicações ocorreram em três estádios de desenvolvimento das plantas: ~6 folhas, denominado a partir daqui como vegetativo inicial, ~20 folhas, denominado a partir daqui como vegetativo tardio e ~40 folhas com início do estágio reprodutivo, marcado pela emissão dos botões florais, anterior a antese, denominado a partir daqui como reprodutivo inicial.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas em ambiente externo a casa-de-vegetação, utilizando-se pulverizador costal de pressão constante (CO₂), munido com barra de um metro e duas pontas de pulverização com indução a ar (AIXR 11002VP, TeeJet Technologies), recomendadas na aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina, espaçadas em um metro, utilizando-se volume de calda de 150 L ha⁻¹. Após as aplicações, foram realizadas avaliações de controle visual das plantas de buva aos 42 dias após a aplicação (DAA), utilizado escala de 0 a 100%, onde 0%, representou plantas sem sintoma e 100% a morte das plantas (SBCPD, 1995).

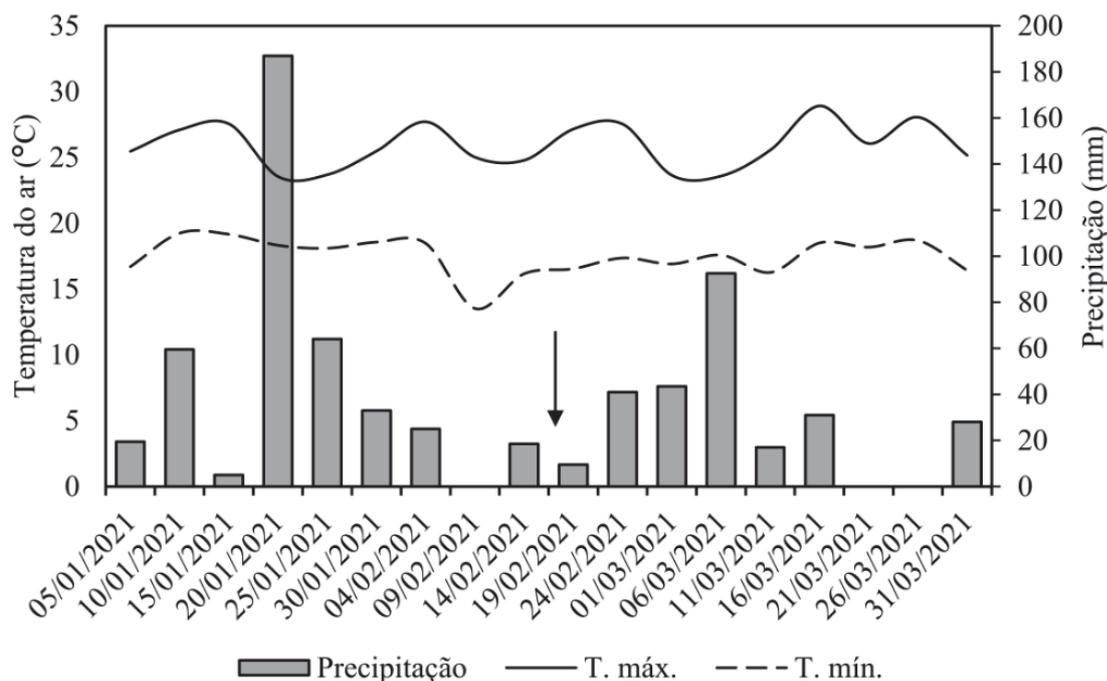
Para as plantas de buva que atingiram a maturidade fisiológica, suas sementes foram coletadas manualmente ao longo de 42 dias, o que ocorreu a partir dos 150 dias após o transplântio. Estas sementes foram armazenadas em sacos de papel sob temperatura controlada de 4°C por 60 dias para superação de dormência e então utilizadas para avaliação da produção de sementes por planta e da germinação das sementes (AGOSTINETTO et al., 2018).

2.2 EXPERIMENTO À CAMPO

Um experimento foi conduzido à campo na Estação Experimental Agrícola Campos Gerais - EEACG, localizada em Palmeira -PR (25°25'40.33"S 50°03'17.21"O) em janeiro de 2021, com a presença natural de plantas de buva, denominado de biótipo

Palmeira, em área de cultivo de grãos, com rotação das culturas da soja, milho e feijão. O clima do local é subtropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen. As temperaturas médias e a precipitação durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

Figura 1. Temperaturas médias e precipitação acumulada durante a condução do experimento de campo, a flecha indica o momento da aplicação dos tratamentos.



Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), organizado em esquema fatorial 9x2, com 4 repetições. Os tratamentos experimentais utilizados foram os mesmos do experimento em casa-de-vegetação, exceto para os estádios aplicados. Para cada tratamento, plantas foram identificadas e isoladas das demais através de capina manual previamente à aplicação, evitando-se assim qualquer inibição da cobertura de plantas pelos tratamentos. Foram aplicados os herbicidas em dois estádios do desenvolvimento da buva: ~10 folhas, denominado a partir daqui como vegetativo tardio, e ~70 folhas com início do estágio reprodutivo, marcado pela emissão dos botões florais, anterior a antese, denominado a partir daqui como reprodutivo inicial. Para a aplicação dos tratamentos, a avaliação visual do controle das plantas e a coleta e armazenamento das sementes seguiu-se a mesma metodologia do experimento em casa-de-vegetação.

2.3 ANÁLISE DA PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES

Uma vez passados 60 dias da coleta das sementes, amostras de cada planta de buva (diferentes dias de coleta), foram homogeneizadas, limpas e pesadas determinando assim, o peso total das sementes. Posteriormente, foi determinado o peso de mil sementes (PMS) e estimado o número de sementes produzidas por planta. O peso total das amostras foi determinado em balança analítica de precisão com cinco casas decimais com câmara fechada. O PMS foi obtido através da contagem aleatória de 1.000 sementes de buva (4 x 250), utilizando-se lupa com aumento de quarenta vezes e pinça, seguida da determinação do peso em balança de precisão. O número de sementes produzidas por planta foi determinado através de uma regra de três simples a partir do peso total das sementes por planta e do PMS (PIASECKI et al., 2019).

Para os testes de germinação foram utilizadas 100 sementes de buva (4 repetições de 25 sementes), selecionadas aleatoriamente, com auxílio de lupa com aumento de quarenta vezes e pinça. Anteriormente à semeadura, foi realizada a embebição das sementes de buva por 24 horas em água destilada em temperatura ambiente. No teste, as sementes foram distribuídas em duas folhas de papel germitest, colocadas em gerbox (12 cm x 12 cm) com as folhas umedecidas com água destilada no equivalente a 1,5 vezes seu peso seco. Os experimentos foram conduzidos em câmara de germinação do tipo DBO, com um fotoperíodo de 24 horas de luz, à 25°C com fluxo luminoso de 1.300 lux, estas condições foram determinadas através de estudos prévios (dados não apresentados).

Foram realizadas duas contagens de germinação sendo aos 7 e 14 dias após a instalação do experimento, determinando o percentual total de germinação em cada contagem, com isso realizou-se um cálculo de redução da germinação em relação a testemunha sem aplicação. Considerou-se como semente germinada quando ocorreu a extrusão da radícula e/ou do coleóptilo da plântula (BRASIL, 2009).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à ANOVA ($p < 0,05$) usando procedimento PROC GLM no SAS (version 9.3, SAS Institute, Cary, NC), e contrastes ortogonais ($p < 0,05$) foram conduzidos para comparação entre misturas e grupos de herbicidas para cada estágio de aplicação da buva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EFICÁCIA DE CONTROLE

No experimento realizado com o biótipo de buva Canguiri, as aplicações dos herbicidas no estágio vegetativo inicial de plantas controlaram 100% os indivíduos independentemente dos herbicidas (Tabela 1). Plantas mais jovens, em geral são facilmente controladas (ZIMMER et al., 2018). O controle total de plantas de buva, em estágio inicial e desenvolvimento também foi constatado por Santos et al. (2015) ao utilizar 2,4-D+glyphosate obteve controle de 100% das plantas.

No estágio vegetativo tardio e reprodutivo inicial, obteve-se significância entre todos os contrastes avaliados, sendo que o glyphosate isolado apresentou maior controle comparado com a média dos demais tratamentos de herbicidas e mimetizadores de auxina isolados, porém quando ocorreu a mistura de mimetizadores de auxina com glyphosate, o controle foi superior se comparado ao uso do glyphosate isolado para o estágio vegetativo tardio (Tabela 1). Contrariamente, glyphosate foi superior do que a média dos mimetizadores de auxinas em misturas com glyphosate.

Tabela 1. Contrastes ortogonais para porcentagem de controle do biótipo de buva Canguiri, submetidas a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados e em mistura nos estádios vegetativo inicial, vegetativo tardio e reprodutivo inicial.

Contraste/estádio	Vegetativo inicial (~6 folhas)	Vegetativo tardio (~20 folhas)	Reprodutivo inicial (~40 folhas)
(glyphosate) x (herbicidas)	100 x 100 ^{ns}	90,0 x 68,6*	100 x 69,8*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina)	100 x 100 ^{ns}	90,0 x 43,2*	100 x 47,5*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	90,0 x 94,1*	100 x 92,1*
(mimetizadores de auxina) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	43,2 x 94,1*	47,5 x 92,1*
(2,4-D e dicamba) x (triclopyr e halauxifen-methyl)	100 x 100 ^{ns}	43,3 x 43,1*	50,0 x 45,0*
(2,4-D e dicamba) x (2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	43,3 x 100*	50,0 x 96,6*
(triclopyr e halauxifen-methyl) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	43,1 x 88,1*	45,0 x 87,7*
(2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	100 x 88,1*	96,6 x 87,7*
CV %	1,82	5,26	8,00

Valores relativos ao percentual de controle em relação às plantas livres da aplicação de herbicidas. *ou ^{ns} contrastes significativos e não significativos, respectivamente ($p \leq 0,05$). (+) indica as misturas dos tratamentos herbicidas, (e) indica os contrastantes avaliados em conjunto.

Não se observou controle para as plantas de buva que se encontravam em estádios mais avançados de desenvolvimento quando aplicado os mimetizadores de auxina isolados, apenas uma aplicação pode não ser suficiente, nestas situações pode ser recomendado uma primeira aplicação sequencial de herbicidas sistêmicos, seguida de uma aplicação de contato de sete a quinze dias após o primeiro tratamento (CONSTANTIN, et al., 2013).

As auxinas isoladas tiveram deficiência no controle do biótipo Canguiri, ao passo que a adição de glyphosate, em mistura elevou o controle em até 100 dos indivíduos (Tabela 1). Controle mais eficiente foi verificado com mimetizadores de auxinas em mistura com glyphosate em comparação com os contrastes entre mimetizadores de auxinas isoladas e mimetizadores de auxinas em misturas. Assim como em outros trabalhos, observou-se que as moléculas de mimetizadores de auxina (2,4-D e dicamba) em mistura com glyphosate foram mais eficazes para o controle de buva, sendo que o glyphosate pode causar efeito aditivo no seu controle (OLIVEIRA

NETO et al., 2010; SOARES et al., 2012).

A média de controle proporcionado com 2,4-D e dicamba se mostrou levemente superior ao uso de triclopyr ou halauxifen-methyl, principalmente em mistura com o glyphosate (Tabela 1). A mistura com glyphosate também elevou o controle observado para triclopyr e halauxifen-methyl. Associações de glyphosate com halauxifen-methyl, se mostraram mais eficientes no controle de plantas de buva (ZOBIOLE et al., 2018).

Para o biótipo de buva Palotina, no estágio vegetativo inicial também foi observado controle de 100% de plantas para todos os tratamentos utilizados (Tabela 2). O estágio de desenvolvimento no momento da aplicação tem importante influência na eficiência do herbicida (CONSTANTIN, et al., 2013).

No estágio vegetativo tardio, o controle por glyphosate isolado foi inferior quando comparado com os demais tratamentos e com os herbicidas mimetizadores de auxina, o inverso do observado no experimento anterior, devido a utilização de biótipos diferentes (Tabela 2). A sensibilidade da planta ao herbicida glyphosate é influenciada pelo estágio de desenvolvimento, em razão do aumento da densidade de tricomas e à diminuição do número de estômatos (SANTOS et al., 2014). O menor controle em estádios mais avançados em *Conyza* spp. também pode ser explicado pela menor absorção em virtude da planta apresentar uma cutícula mais espessa, translocação limitada e maior capacidade de metabolizar o herbicida (KOGER; REDDY, 2005).

Situação inversa foi também observada nos contrastes entre 2,4-D e dicamba comparado com a média de halauxifen-methyl e triclopyr, sendo estes dois últimos superiores aos dois primeiros (Tabela 2). A mistura com glyphosate, anulou estas diferenças. Os herbicidas mimetizadores de auxina aplicados em mistura com glyphosate foram mais efetivos quando contrastados com os mimetizadores de auxina isolados. A adição de glyphosate elevou o controle observado para 2,4-D e dicamba mas não para halauxifen-methyl e triclopyr.

Tabela 2. Contrastes ortogonais para porcentagem de controle do biótipo de buva Palotina, submetidas a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados e em mistura nos estádios vegetativo inicial, vegetativo tardio e reprodutivo inicial.

Contraste/estádio	Vegetativo inicial (~6 folhas)	Vegetativo tardio (~20 folhas)	Reprodutivo inicial (~40 folhas)
(glyphosate) x (herbicidas)	100 x 100 ^{ns}	35,0 x 70,6*	76,2 x 72,8*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina)	100 x 100 ^{ns}	35,0 x 59,6*	76,2 x 74,0*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	35,0 x 81,5 ^{ns}	76,2 x 70,5 ^{ns}
(mimetizadores de auxina) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	59,6 x 81,5*	74,0 x 70,5*
(2,4-D e dicamba) x (triclopyr e halauxifen-methyl)	100 x 100 ^{ns}	51,2 x 68,1*	75,1 x 73,0*
(2,4-D e dicamba) x (2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	51,2 x 83,7*	75,1 x 65,5*
(triclopyr e halauxifen-methyl) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	68,1 x 79,3 ^{ns}	73,0 x 75,5*
(2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	83,7 x 79,3 ^{ns}	65,5 x 75,5*
CV %	1,82	16,55	4,67

Valores relativos ao percentual em relação as plantas livres da aplicação de herbicidas. *ou ^{ns} contrastes significativos e não significativos, respectivamente, ($p \leq 0,05$). (+) indica as misturas dos tratamentos herbicidas, (e) indica os contrastantes avaliados em conjunto.

Para o estágio reprodutivo inicial o glyphosate foi mais efetivo no controle em comparação com a média de todos os herbicidas e mimetizadores de auxinas isolados, porém sem apresentar diferenças no controle entre glyphosate e mimetizadores de auxina+glyphosate (Tabela 2). Os mimetizadores de auxina isolados obtiveram um controle ligeiramente superior as suas misturas com glyphosate. Os herbicidas 2,4-D e dicamba foram mais efetivos no controle de buva quando contrastados com suas misturas com glyphosate, e com os tratamentos de triclopyr e halauxifen-methyl, estes isolados obtiveram um melhor controle quando comparados com seus tratamentos em mistura com glyphosate, e sua mistura foi mais eficiente quando contrastada com 2,4-D e dicamba em mistura com glyphosate.

Para o biótipo Palmeira, o glyphosate apresentou menor controle comparado com os demais biótipos, em estudos realizados por Schneider (2021) indicaram que devido a diversidade genética da buva, biótipos de diferentes localidades podem apresentar diferentes respostas a pressão de seleção imposta pelos herbicidas, e

consequentemente as plantas podem apresentar respostas diferentes a herbicidas. Nos estádios vegetativo tardio e reprodutivo inicial obteve-se maior controle ao aplicar os demais herbicidas, mimetizadores de auxina isolados e em mistura, quando comparados com o glyphosate isolado (Tabela 3).

Para o estágio vegetativo tardio o tratamento com mimetizadores de auxina em mistura com glyphosate foi mais efetivo no controle de buva se contrastado com mimetizadores de auxina isolados (Tabela 3). Os tratamentos com triclopyr e halauxifen-methyl foram mais eficientes do que os tratamentos com 2,4-D e dicamba. A adição de glyphosate aos mimetizadores de auxina, com o intuito de controlar plantas tolerantes ou resistentes ao glyphosate são necessárias sobretudo quando as plantas de buva encontram-se mais desenvolvidas (OSIPE et al., 2017).

As misturas de 2,4-D e dicamba com glyphosate foram mais eficientes no controle de buva do que estes herbicidas isolados (Tabela 3). Assim como em estudos realizados por Schneider (2018) quando aplicado 2,4-D em mistura com glyphosate obtiveram um controle superior do que quando aplicado estes herbicidas isoladamente. Resultados similares são relatados pela aplicação isolada de 2,4-D, em plantas de buva com 6, 6-15 e 15-25 cm, que resultou em um controle de 99, 85 e 30%, respectivamente, entretanto quando associado glyphosate controlou 100% os estádios iniciais e 50% para buva acima de 15 cm (TAKANO et al., 2013). Para os demais contrastes de ambos os estádios não ocorreu diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Contrastes ortogonais para porcentagem de controle do biótipo de buva Palmeira, submetidas a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados e em mistura nos estádios vegetativo tardio e reprodutivo inicial.

Contraste/estádio	Vegetativo tardio (~10 folhas)	Reprodutivo inicial (~70 folhas)
(glyphosate) x (herbicidas)	47,5 x 94,0*	45,0 x 95,7*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina)	47,5 x 88,6*	45,0 x 97,9*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	47,5 x 99,3*	45,0 x 93,5 ^{ns}
(mimetizadores de auxina) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	88,6 x 99,3*	97,9 x 93,5*
(2,4-D e dicamba) x (triclopyr e halauxifen-methyl)	82,3 x 94,8*	96,6 x 99,2*
(2,4-D e dicamba) x (2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate)	82,3 x 100*	96,6 x 93,3*
(triclopyr e halauxifen-methyl) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	94,8 x 98,7 ^{ns}	99,2 x 93,6*
(2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 98,7 ^{ns}	93,3 x 93,6*
CV %	16,55	4,67

Valores relativos ao percentual em relação as plantas livres da aplicação de herbicidas. *ou^{ns} contrastes significativos e não significativos, respectivamente, ($p \leq 0,05$). (+) indica as misturas dos tratamentos herbicidas, (e) indica os contrastantes avaliados em conjunto.

Mesmo que os herbicidas 2,4-D, dicamba, triclopyr e halauxifen-methyl sejam classificados como mimetizadores de auxina, a diferença de controle entre estas moléculas herbicidas, observadas neste estudo, podem estar relacionadas ao mecanismo de ação de cada molécula dentro do vegetal, como por exemplo, o seu transporte celular.

As proteínas de transporte são provavelmente os primeiros sítios-alvo seletivos de auxina encontrados pelas auxinas exógenas, como os herbicidas mimetizadores de auxina. O principal transportador de captação de auxina AUX1, que é a via dominante para absorver o ácido indolacético (AIA) nas células vegetais, tem alta afinidade com o herbicida 2,4-D, mas nenhuma atividade com os herbicidas dicamba, triclopyr e halauxifen-metil, pois essas moléculas não são transportadas pelo AUX1 (HOYEROVA et al., 2017).

Outra família dos receptores de auxina TIR1/AFB, tem maior afinidade de ligação com o herbicida halauxifen-methyl, que possui ação herbicida diferenciada dos demais mimetizadores de auxina, como o 2,4-D e dicamba, sendo que esta pode refletir na absorção diferencial, translocação, metabolização ou direcionamento de receptores

de auxina encontrados em buva (BELL et al., 2011; McCAULEY; YOUNG, 2019).

Os resultados observados, bem como os relatos da literatura, demonstram que o estágio da planta é um fator crucial no momento da aplicação dos herbicidas, o controle químico da buva deve ser realizado em plantas em estádios iniciais de desenvolvimento para não comprometer a eficácia do controle.

3.2 PRODUÇÃO DE SEMENTES

A buva produziu 9.748 sementes por planta, quando avaliado o biótipo Palmeira e 43.372 sementes por planta para o biótipo Canguiri (dados não apresentados). A aplicação de quaisquer herbicidas em estádios vegetativos, inibiu completamente a produção de sementes para os biótipos Canguiri e Palotina, mesmo com a manutenção de tecido verde vegetal em algumas ocasiões (dados não apresentados).

O desenvolvimento da planta e o seu potencial de produção de sementes, podem ser afetados por condições de estresse prolongados no período de crescimento vegetativo, causando baixo acúmulo de reservas no caule que pode prejudicar gravemente o desenvolvimento reprodutivo e reduzir a quantidade de produtos metabólicos que seriam enviados para semente durante a sua formação (BARNABÁS et al., 2008).

Açúcares, nutrientes e equilíbrio hormonal, em concentrações adequadas são necessários para a formação da flor, ao ocorrer desequilíbrio destas substâncias, aumenta a síntese de etileno, não ocorre morfogênese e diferenciação dos meristemas apicais, desta maneira a planta permanece no estágio vegetativo, não passam para o estágio reprodutivo, conseqüentemente flores e sementes não são desenvolvidas (KERBAUY, 2004).

Aplicações dos herbicidas realizadas no estágio reprodutivo inicial, em plantas com a presença do botão floral, anterior a abertura deste, causaram significativa redução no número de sementes produzidas (Tabela 4). Quando ocorre florescimento induzido pela aplicação de auxinas exógenas, não ocorre a fecundação do óvulo, desta maneira o ovário se desenvolve em fruto, podendo ou não haver a formação de sementes, entretanto quando estas se desenvolvem não possuem o embrião, sendo sementes inviáveis (KERBAUY, 2004).

Tabela 4. Contrastes ortogonais para porcentagem da redução da produção de sementes por planta do biótipo de buva Canguiri e Palotina, submetidas a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados e em mistura no estágio reprodutivo inicial.

Contraste/estádio	Biótipo Canguiri	Biótipo Palotina
	Reprodutivo inicial (~40 folhas)	Reprodutivo inicial (~40 folhas)
(glyphosate) x (herbicidas)	88,7 x 90,1*	83,0 x 71,0*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina)	88,7 x 84,9*	83,0 x 66,0*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	88,7 x 95,3*	83,0 x 77,0 ^{ns}
(mimetizadores de auxina) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	84,9 x 95,3*	66,0 x 77,0*
(2,4-D e dicamba) x (triclopyr e halauxifen-methyl)	81,2 x 89,4*	64,0 x 67,0*
(2,4-D e dicamba) x (2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate)	81,2 x 98,6*	64,0 x 91,0*
(triclopyr e halauxifen-methyl) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	89,4 x 92,0 ^{ns}	67,0 x 63,0*
(2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	98,6 x 92,0 ^{ns}	91,0 x 63,0*
CV %	7,81	22,68

Valores relativos ao percentual em relação as plantas livres da aplicação de herbicidas. *ou ^{ns} contrastes significativos e não significativos, respectivamente, ($p \leq 0,05$). (+) indica as misturas dos tratamentos herbicidas, (e) indica os contrastantes avaliados em conjunto.

Para o biótipo Canguiri a aplicação de glyphosate reduziu cerca de 89% no número de sementes produzidas por planta de buva (Tabela 4). Quando comparado com os demais tratamentos, apresentou menor eficácia, e quando comparado apenas com os mimetizadores de auxina, maior. Piasecki et al. (2019) observaram que a aplicação de glyphosate em buva resistente a este herbicida, na fase vegetativa, reduziu 68,4% no número de sementes. Já ao aplicar no estágio reprodutivo inicial, inibiu a produção de sementes.

Ao avaliar a mistura de mimetizadores de auxina com glyphosate ocorreu redução de 95% na produção de sementes de buva, sendo mais eficiente do que o glyphosate isolado (Tabela 4). Os mimetizadores de auxina em mistura com glyphosate foram eficazes na redução da produção de sementes frente sua aplicação isolada. Triclopyr e halauxifen-methyl se mostraram mais efetivos, reduzindo ~89,4%, quando contrastados com as moléculas de 2,4-D e dicamba (~81,2%).

Assim como em outros trabalhos, com plantas de alfafe e *Amaranthus palmeri* a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina interferiu na produção de sementes.

Em plantas de alfafa, ao realizar a aplicação de dicamba, 2,4-D, triclopyr e aminopiraldide, ocorreu uma diminuição no rendimento das sementes por planta de 24 a 49% em relação a testemunha, já em plantas de *Amaranthus palmeri* ao aplicar glyphosate, 2,4-D e 2,4-D+glyphosate, obteve uma redução na produção de sementes de 66, 95 e 97%, respectivamente para cada herbicida (KESOJU et al., 2016; SCRUGGS et al., 2020).

Para o biótipo Palotina o glyphosate reduziu ~83% a produção de sementes, apresentando maior eficácia em relação aos demais herbicidas e mimetizadores de auxina isolados, sendo que estes apresentaram menor eficácia quando comparado com as misturas (Tabela 4). Triclopyr e halauxifen-methyl se apresentaram mais eficientes do que as moléculas de 2,4-D e dicamba.

Para o biótipo Palmeira nos dois estádios de aplicação dos herbicidas, ocorreu produção de semente, e para o estágio vegetativo tardio ocorreu apenas produção de sementes quando aplicado 2,4-D, glyphosate e triclopyr+glyphosate (Tabela 5). Para o estágio vegetativo tardio, o herbicida glyphosate reduziu 95% da produção de sementes de buva, obtendo uma redução inferior quando comparado com os demais tratamento, mimetizadores de auxinas isolados e em mistura com glyphosate, que obtiveram 100% de redução.

O glyphosate ao inibir a enzima EPSPS (enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase) reduz a produção de aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano, sendo que a auxina endógena AIA tem como precursor o aminoácido triptofano, com isso ao utilizar glyphosate ocorre redução das concentrações de AIA nos meristemas apicais das plantas levando a perda de dormência, seguida de epinastia (COBB; READE, 2010). Além disso, ao aplicar glyphosate no início do estágio reprodutivo pode interferir nos níveis de AIA nas sementes e inibir a germinação das plântulas, sendo que neste estágio as plantas ficam mais vulneráveis à ação do glyphosate (CLAY et al., 2000; WALKER; OLIVER, 2008).

Para o estágio reprodutivo inicial, o glyphosate apresentou uma menor eficácia frente aos demais contrastes, reduzindo ~85% a produção de sementes de buva. Os herbicidas 2,4-D e dicamba reduziram ~96% da produção de sementes de buva, sendo mais eficazes do que suas misturas com glyphosate.

Tabela 5. Contrastes ortogonais para porcentagem da redução da produção de sementes por planta do biótipo de buva Palmeira, submetidas a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados e em mistura nos estádios vegetativo tardio e reprodutivo inicial.

Contraste/estádio	Vegetativo tardio (~10 folhas)	Reprodutivo inicial (~70 folhas)
(glyphosate) x (herbicidas)	94,8 x 99,9*	84,8 x 95,2*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina)	94,8 x 99,8*	84,8 x 97,7*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	94,8 x 100*	84,8 x 92,8 ^{ns}
(mimetizadores de auxina) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	99,8 x 100 ^{ns}	97,7 x 92,8 ^{ns}
(2,4-D e dicamba) x (triclopyr e halauxifen-methyl)	100 x 100 ^{ns}	95,5 x 99,9 ^{ns}
(2,4-D e dicamba) x (2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	95,5 x 85,7 *
(triclopyr e halauxifen-methyl) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	99,9 x 100 ^{ns}
(2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	85,7 x 100 ^{ns}
CV %	2,26	8,33

Valores relativos ao percentual em relação as plantas livres da aplicação de herbicidas. *ou ^{ns} contrastes significativos e não significativos, respectivamente, ($p \leq 0,05$). (+) indica as misturas dos tratamentos herbicidas, (e) indica os contrastantes avaliados em conjunto.

3.3 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

Os resultados da germinação das sementes de buva mostram que os tratamentos não apenas foram efetivos no controle da produção de sementes, bem como na inibição da produção de sementes viáveis. Para o biótipo Canguiri quando as plantas foram tratadas com triclopyr, apenas 1% das sementes produzidas germinaram, e quando tratadas com 2,4-D, 2% (dados não amostrados). Para a testemunha não aplicada, ocorreu germinação de 97% das sementes.

Sendo assim, calcula-se que de um total de 43.300 sementes produzidas por uma planta sem a aplicação de herbicidas, existe o potencial de germinação de 42 mil novas plantas (o valor representa uma estimativa baseada no número de sementes contabilizadas). Com a aplicação dos herbicidas, mesmo em estádio avançados do desenvolvimento de plantas, este número vai a zero ou muito próximo deste, 433 para o triclopyr, por exemplo (dados não amostrados).

Para o biótipo Canguiri e Palotina em todos os estádios de aplicação, e para o biótipo Palmeira quando aplicados os tratamentos no estádio vegetativo tardio, não ocorreu significância ao contrastar a redução da germinação de sementes de buva, sendo que esta redução foi de 100% para todos os tratamentos (dados não apresentados).

Condições de estresse contribuem para a formação de sementes com baixas reservas e limitadas ao acúmulo de importantes proteínas de germinação, o que leva as sementes a apresentarem uma baixa qualidade fisiológica (TAIZ; ZEIGER, 2017). Na cultura da soja, subdoses de 2,4-D e dicamba reduziram a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes (SILVA et al., 2018). Ainda na soja, a aplicação de auxinas exógenas em sementes atrasou a ruptura do revestimento, reprimiu a protusão radicial e diminuiu a síntese de giberelina (SHUAI et al., 2017).

Para o estádio reprodutivo inicial do biótipo Palmeira, aos 7 DAS obteve-se uma redução de 36% na germinação das sementes de buva, quando as plantas foram tratadas com glyphosate, diferindo dos demais herbicidas, dos mimetizadores de auxina isolados e em mistura com glyphosate, estes obtiveram uma redução na germinação de 100% (Tabela 6). De igual maneira ocorreu aos 14 DAS, em que o glyphosate reduziu 57,9% da germinação das sementes e os demais tratamentos apresentaram uma maior eficácia, com redução de 100% da germinação.

Assim como em trabalhos na literatura demonstram que ao aplicar glyphosate e triclopyr em plantas de *Alliaria petiolata*, quando os frutos verdes estavam em desenvolvimento, ocorreu redução na produção de sementes, 74 e 64%, respectivamente para cada herbicida, diminuindo a viabilidade das sementes produzidas em 95% (ROTH et al., 2021).

Tabela 6. Contrastes ortogonais para porcentagem da redução da germinação de sementes biótipo de buva Palmeira, submetidas a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate isolados e em mistura nos estádios reprodutivo inicial.

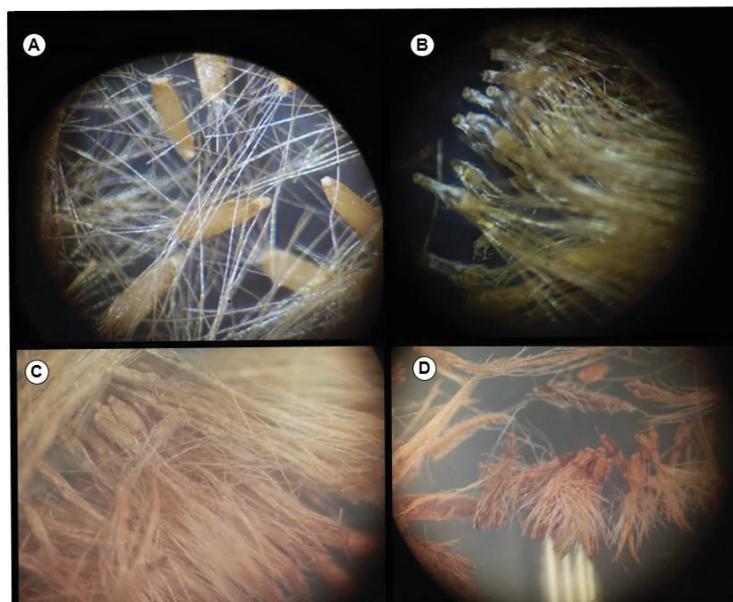
Contraste/estádio	7 DAS	14 DAS
(glyphosate) x (herbicidas)	36,1 x 100*	57,9 x 100 *
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina)	36,1 x 100*	57,9 x 100*
(glyphosate) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	36,1 x 100*	57,9 x 100 *
(mimetizadores de auxina) x (mimetizadores de auxina+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	100 x 100 ^{ns}
(2,4-D e dicamba) x (triclopyr e halauxifen-methyl)	100 x 100 ^{ns}	100 x 100 ^{ns}
(2,4-D e dicamba) x (2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	100 x 100 ^{ns}
(triclopyr e halauxifen-methyl) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	100 x 100 ^{ns}
(2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate) x (triclopyr+glyphosate e halauxifen-methyl+glyphosate)	100 x 100 ^{ns}	100 x 100 ^{ns}
CV %	6,12	3,26

Valores relativos ao percentual em relação as plantas livres da aplicação de herbicidas. *ou^{ns} contrastes significativos e não significativos, respectivamente, ($p \leq 0,05$). (+) indica as misturas dos tratamentos herbicidas, (e) indica os contrastantes avaliados em conjunto.

Pode-se notar que as sementes provenientes de plantas que não receberam herbicidas e apresentam-se viáveis possuem as características como sua formação por papilus piloso e aquênio (Figura 2). Os aquênios são retos e levemente curvados longitudinalmente oblanceolados e mais largo no ápice; papilus uniseriado, piloso, com 20-25 pelos sedosos, denticulados e branco-amarelado; inserção basal; base estreita e com pequeno carpopódio branco; pericarpo de textura membranácea, e costela fibrosa, com superfície levemente brilhante translúcida, de cor ambarina ou amarelada; embrião axial, espatuloso e reto (KISSMANN; GROTH, 1999).

Já as sementes em que as plantas receberam aplicação dos herbicidas possuem cores escuras, e estavam com o aquênio e papilo danificados, e não apresentavam embrião, principalmente quando aplicados os herbicidas mimetizadores de auxina em mistura com glyphosate (Figura 2). Ao aplicar os herbicidas de forma isolada as sementes mostram-se com um nível de dano químico menor (Figura 2).

Figura 2. Sementes de buva do biótipo Canguiiri não tratadas com herbicidas (A); sementes em que a planta foi submetida a aplicação de 2,4-D no estágio reprodutivo inicial (B); sementes em que a planta foi submetida a aplicação de dicamba (C); sementes em que a planta foi submetida a aplicação de halauxifen-methyl+glyphosate (D). Aumento de 40 x em lupa.



O banco de sementes do solo é o principal responsável por infestações de plantas daninhas em cultivos futuros, a produção de sementes de plantas daninhas abastece o banco de sementes do solo, desempenhando um papel essencial na reprodução e sucessão das espécies, as sementes de plantas daninhas, geralmente permanecem viáveis no solo por um longo período, algumas por mais de dez anos (RADOSEVICH et al., 2007). As sementes de buva podem permanecer viáveis no solo por aproximadamente três anos (WU et al., 2007).

Esta pesquisa demonstrou que a aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina e glyphosate são capazes de inibir a produção de sementes de buva e as sementes produzidas não germinam, desta maneira, não ocorrendo o reabastecimento do banco de sementes do solo, com isso diminuindo a quantidade de plantas que irão estar presente na lavoura nos próximos anos, conseqüentemente diminuindo a matocompetição, as perdas de produtividade, e as aplicações de herbicidas, aumentando a lucratividade.

O controle da produção de sementes de plantas daninhas é uma ferramenta eficaz para reduzir a disseminação da resistência a herbicidas, com um menor número de plantas expostas aos herbicidas, ocorrendo retardamento da evolução da resistência, preservando a tecnologia de herbicidas e/ou mantendo-as por um maior período, além de impedir o estabelecimento, distribuição espacial e acúmulo de sementes no solo

(NEVE et al., 2011; BARARPOUR et al., 2020; SCHAEFFER et al., 2020).

Assim, a aplicação dos herbicidas utilizados neste estudo pode ser utilizada como estratégia eficiente para prevenir e reduzir a produção de sementes e a germinação destas, caso venham a ser produzidas. Esta estratégia deve ser planejada a médio e longo prazo e integrada a diversas práticas de manejo. A variação do estágio de desenvolvimento da buva também pode ocorrer, devido as variações de emergência ao longo do ano, como exposto neste estudo, os herbicidas reduziram produção e germinação das sementes em quaisquer estágios de desenvolvimento da planta em que se realizou a aplicação, ocorrendo redução da produção e germinação das sementes, mas é provável que ocorra variações de sensibilidade entre diferentes populações de buva, devido a variabilidade genética que a espécie apresenta e sua hibridização.

As plantas de buva além de serem encontradas em áreas agrícolas, estão presentes em ambientes não explorados pela agricultura como beiras de estradas, ferrovias, limites de propriedades, áreas de campo nativo, pastagem e áreas de pousio (PIASECK et al., 2019). As plantas presentes nesses ambientes produzem sementes que são dispersas a longas distâncias e podem chegar a áreas de cultivos e infestar lavouras. A aplicação dos herbicidas utilizados neste estudo podem ser utilizadas em diferentes fases de desenvolvimento das plantas de buva para reduzir a produção e a germinação das sementes em áreas aonde não há a presença de cultivos.

4 CONCLUSÃO

Para todos os tratamentos utilizados, quando as plantas não foram controladas, ocorreu redução da produção e germinação de sementes de buva. Para o biótipo Canguiri e Palotina as misturas de mimetizadores de auxina com glyphosate potencializaram a redução da produção de sementes de buva.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. et al. Germination, viability and longevity of horseweed (*Conyza* spp) seeds as a function of temperature and evaluation periods. **Ciência Rural**, v.48, n.9, e20170687, 2018.

AGOSTINETTO, D.; SILVA, D.R.O; VARGAS, L. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy fleabane interference. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.84, e0022017, 2017.

BAJWA, A.A. et al. Biology and management of two important *Conyza* weeds: a global review. **Environmental Science Pollution Research**, v.23, n.24, p.694-710, 2016.

BARARPOUR, T. et al. Glyphosate-resistant Italian Ryegrass (*Lolium perenne* L. spp. *Multiflorum*) control and seed suppression in Mississippi. **Agronomy**, v.10, p.001-010, 2020.

BARNABÁS, B. et al. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. **Plant, Cell and Environment**. v.31, p.11-38, 2008.

BELL, J.L.; BURKE, I.C.; PRATHER, T.S. Uptake, translocation and metabolism of aminocyclopyrachlor in prickly lettuce, rush skeletonweed and yellow starthistle. **Pest Manag Sci**, v.67, p.1338–1348, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

CLAY, P.; GRIFFIN, J. L. Weed seed production and seedling emergence responses to late-season glyphosate applications. **Weed Sci.**, v.48, p.481-486, 2000.

COBB, A.H.; READE, P.H.R. Herbicides and plant physiology. 2nd. ed. **New York: John Wiley & Sons**; 2010.

COSTA, E.M. et al. Simulated drift of dicamba: effect on the physiological quality of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 42, e202042014, 2020.

CONSTANTIN J. Manejo de buva na entressafra. In: Constantin J. et al. Buva: fundamentos e recomendações para manejo. Curitiba: **Omnipax**, p.41-64, 2013.

EKELEME, F. et al. Cover crops reduce weed seedbanks in maize-cassava systems in Southwestern Nigeria. **Weed Science**, v.51, n.5, p.774-780, 2003.

HEAP I. **Internacional survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em:24 set, 2021.

HOYEROVA, K. et al. Auxin molecular field maps define AUX1 selectivity: many auxin herbicides are not substrates. **New Phytologist Foundation**, v.217, p.1625-1639, 2017.

KASPARY, T.E. et al. Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane. **Bragantia**, v.76, p.92-101, 2017.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 2004.

KESOJU, S.R. et al. Effect of synthetic auxin herbicides on seed development and viability in genetically engineered glyphosate-resistant alfalfa. **Weed Technology**, v.30, n.4, p.860-868, 2016.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Bernardo do Campo: Basf., 1999. p.978.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Sci.** v.53, p.84-89, 2005.

LIU, J.; QI, M.; WANG, J. Long-distance and dynamic seed dispersal from horseweed (*Conyza canadensis*). **Ecoscience**, v.25, p.271-285, 2018.

McCAULEY, C. L.; YOUNG, B. G. Differential response of horseweed (*Conyza canadensis*) to halauxifen-methyl-methyl, 2,4-D, and dicamba. **Weed Technology**, n.5, v.33, p.673-679, 2019.

MORETTI, L. et al. Cross-resistance to diquat in glyphosate/paraquat-resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) and horseweed (*Conyza canadensis*) and confirmation of 2,4-D resistance in *Conyza bonariensis*. **Weed Technology**, v. 35, p. 554-559, 2021.

NEVE, P. et al. Modeling Glyphosateglyphosate resistance management strategies for palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in cotton. **Weed Technol.** v.25, p.335-343, 2011.

OLIVEIRA NETO, A. M. et al. Estratégias de manejo de inverno e verão visando ao controle de *Conyza bonariensis* e *Bidens pilosa*. **Planta Daninha**. v.28, p.1107-1116, 2010.

- OSIPE, J. B. et al. Spectrum of weed control with 2,4-D and dicamba herbicides associated to glyphosate or not. **Planta Daninha**. v. 35, 2017.
- PIASECKI, C. et al. Glyphosate applied at the early reproductive stage impairs seed production of glyphosate-resistant hairy fleabane. **Planta Daninha**, v. 37, e019196815, 2019.
- RADOSEVICH, S. R. et al. Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management. **John Wiley & Sons**, 2007.
- ROTH, L. et al. Do applications of systemic herbicides when green fruit are present prevent seed production or viability of garlic mustard (*Alliaria petiolata*)? **Invasive Plant Science and Management**. v.17, n.2, p.101-105. 2021.
- SANTOS, F.M et al. Herbicidas alternativos para o controle de *Conyza sumatrensis* (Retz.) resistentes aos inibidores da ALS e EPSPs. **Revista Ceres**, v.62, p531-538, 2015.
- SANTOS, F.M et al. Estádio de desenvolvimento e superfície foliar reduzem a eficiência de chlorimuron-ethyl e glyphosate em *Conyza sumatrensis*. **Planta Daninha**, v.32, p.361-375, 2014.
- SBCPD – **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, 1995. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD.
- SCHAEFFER, A.H. et al. Reduction of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) natural re-sowing with herbicides and plant growth regulators. **Agronomy**. v.10, n.12, p.1960. 2020.
- SCHNEIDER, T. Resistência de *Conyza* spp. ao herbicida glyphosate: distribuição geográfica, aspectos anatômicos, genéticos e moleculares. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, PassoFundo, 2018.
- SCHNEIDER, T. et al. Genetic dissimilarity in *Conyza sumatrensis* revealed by simple sequence repeat (SSR) markers. **Planta Daninha**, v. 38, p. 1-10, 2020.

SCRUGGS, E. B. et al. Palmer amaranth control, fecundity, and seed viability from soybean herbicides applied at first female inflorescence. **Weed Technology**. v.35, n.3, p.426-432. 2020.

SHIELDS, E.J. et al. Horseweed (*Conyza canadensis*) seed collected in the planetary boundary layer. **Weed Science**, v.54, p.1063-1067, 2006.

SHRESTHA, A.; HERBREE, K.; WRIGHT, S. Biology and management of horseweed and hairy fleabane in California. **University of California Agriculture and Natural Resources publication**, p.001-009, 2008.

SHUAI, H. et al. Exogenous auxin represses soybean seed germination though decreasing the gibberelli/adscisic acid (GA/ABA) ratio. **Scientific Reports**, v.7, n.1, p.1-11, 2017.

SILVA, D. R. et al. Drift of 2,4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. **Ciência Rural**. v.48, n.8. 2018.

SMISEK, A.J. et al. Paraquat resistance in horseweed (*Conyza canadensis*) and Virginia pepperweed (*Lepidium virginicum*) from Essex County, Ontario. **Weed Science**, v.46, n.200-204, 1998.

SOARES, D. J. et al. Control of glyphosate resistant hairy fleabane (*Conyza bonariense*) with dicamba and 2,4-D. **Planta Daninha**, v. 30, n.2, p. 401-406, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto alegre: Artmed; 2017.

TAKANO, H.K. et al. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, p.1-13, 2013.

VARGAS, A.A.M. et al. Longevity of horseweed seed bank depending on the burial depth. **Planta Daninha**, v.36:e0182073, 2018.

VIDAL, R.A. et al. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**. v.25 n.2, p.309-315. 2007.

VIVIAN, R. et al. Efeito da luz e da temperatura na germinação de *Alternanthera*

tenella, *Conyza bonariensis* e *Digitaria ciliaris*. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p507-513, 2008.

WALKER, E.R.; OLIVER, L.R. Weed seed production as influenced by glyphosate applications at flowering across a weed complex. **Weed Technol**, v.22, n.2, p.318-325, 2008.

WALSH M.; NEWMAN, P.; POWLES S. Targeting weed seeds in-crop: a new weed control paradigm for global agriculture. **Weed Technol**, v.27, p.431-436, 2013.

WEAVER, S.E. The biology of Canadian weeds. 115. *Conyza canadensis*. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 81, p. 867-875, 2001.

WU, H. et al. Germination, persistence, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). **Weed Biology and Management**, v.7, p.192-199, 2007.

ZIMMER, M.; YOUNG, B.G.; JOHNSON, W.G. Herbicide programs utilizing halauxifen-methyl-methyl for glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) control in soybean. **Weed Technol**, v.32, p.659-664, 2018.

ZOBIOLE, L.H.S. et al. Sumatran fleabane control using glyphosate in association with halauxifen-methyl formulations. **Planta Daninha**, v.36, p. e018178778, 2018.

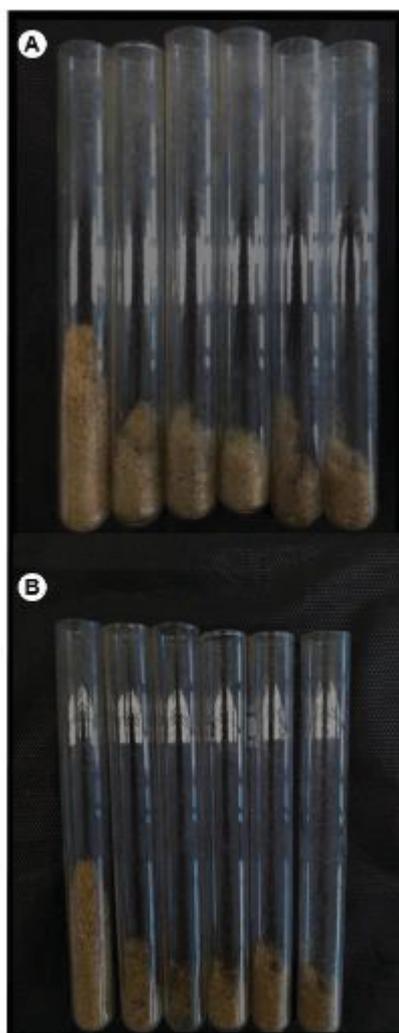
APÊNDICE 1 - SEMENTES PRODUZIDAS POR PLANTA DE BUVA BIÓTIPO CANGUIRI

Sementes produzidas por planta de buva, após a aplicação dos tratamentos no estágio reprodutivo inicial, biótipo Canguiri. (A) Testemunha, 2,4-D, dicamba, halauxifen-methyl, triclopyr e glyphosate. (B) Testemunha, 2,4-D+glyphosate, dicamba+glyphosate, halauxifen-methyl+glyphosate, triclopyr+glyphosate e glyphosate.



APÊNDICE 2 - SEMENTES PRODUZIDAS POR PLANTA DE BUVA BIÓTIPO PALOTINA

Sementes produzidas por planta de buva, após a aplicação dos tratamentos no estágio reprodutivo inicial, biótipo Palotina. (A) Testemunha, 2,4-D, dicamba, halauxifen-methyl, triclopyr e glyphosate. (B) Testemunha, 2,4-D+glyphosate, dicamba+glyphosate, halauxifen-methyl+glyphosate, triclopyr+glyphosate e glyphosate.



APÊNDICE 3 - SEMENTES PRODUZIDAS POR PLANTA DE BUVA BIÓTIPO PALMEIRA

Sementes produzidas por planta de buva, após a aplicação dos tratamentos no estágio vegetativo tardio e reprodutivo inicial, biótipo Palmeira . (A) Testemunha, 2,4-D, triclopyr+glyphosate, glyphosate. (B) Testemunha, 2,4-D, 2,4-D+glyphosate, dicamba, dicamba+glyphosate, triclopyr, glyphosate.

