



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
UENP - *CAMPUS* LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM AGRONOMIA**

JOSÉ GABRIEL CASTILHO THEODORO

**EFEITO DE *RAINFASTNESS* NAS MISTURAS DE
HERBICIDAS AUXÍNICOS COM GLYPHOSATE
APLICADOS EM PLANTAS COM DOIS ESTÁGIOS
DIFERENTES DE DESENVOLVIMENTO**

**BANDEIRANTES – PR
JULHO/2020**

JOSÉ GABRIEL CASTILHO THEODORO

**EFEITO DE *RAINFASTNESS* NAS MISTURAS DE
HERBICIDAS AUXÍNICOS COM GLYPHOSATE
APLICADOS EM PLANTAS COM DOIS ESTÁGIOS
DIFERENTES DE DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação – Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo

**BANDEIRANTES – PR
JULHO/2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

Ce Castilho Theodoro , José Gabriel
 EFEITO DE RAINFASTNESS NAS MISTURAS DE HERBICIDAS
 AUXÍNICOS COM GLYPHOSATE APLICADOS EM PLANTAS COM
 DOIS ESTÁGIOS DIFERENTES DE DESENVOLVIMENTO / José
 Gabriel Castilho Theodoro ; orientador Marco
 Antonio Gandolfo - Bandeirantes, 2020.
 80 p. :il.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico Agronomia) -
 Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de
 Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
 Agronomia, 2020.

 1. Perdas por chuva. 2. Tecnologia de aplicação.
 3. Mistura em tanque . 4. Chuva simulada. I.
 Gandolfo, Marco Antonio , orient. II. Título.

JOSÉ GABRIEL CASTILHO THEODORO

**EFEITO DE *RAINFASTNESS* NAS MISTURAS DE
HERBICIDAS AUXÍNICOS COM GLYPHOSATE
APLICADOS EM PLANTAS COM DOIS ESTÁGIOS
DIFERENTES DE DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação – Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo – UENP – CLM

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira – UENP – CLM

Dr. Ulisses Delvaz Gandolfo

Bandeirantes, 31 de julho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por sempre me abençoar, iluminar e guiar meu caminho. Ao meu anjo da guarda por toda proteção concedida.

Aos meus pais José Rubens e Maria Alice, por todo o amor, educação, carinho e serem a base da minha vida. Obrigado por sempre me apoiarem e incentivarem meus sonhos. Me espelho em vocês a todo o momento.

As minhas irmãs Maria Luiza e Lucila por sempre me apoiarem em todos os momentos.

A minha namorada Andressa, por sempre me apoiar nas minhas escolhas pessoais e profissionais, por todo amor e companheirismo durante essa jornada.

Ao meu orientador Dr Marco Antonio Gandolfo, pelos ensinamentos e confiança depositada na execução deste trabalho.

Um agradecimento mais que especial ao professor Dr. Rone Batista de Oliveira, por abrir as portas do laboratório e me orientar durante essa jornada. Por todo o conhecimento, oportunidades, experiências e pesquisas realizadas. Obrigado por ser mais que um orientador, um amigo que aconselha e busca sempre o melhor, tanto na parte pessoal como profissional. Tenho uma grande admiração, e espero continuar aprendendo com o senhor por muito tempo.

A toda a equipe e amigos do laboratório NITEC, obrigado por ajudarem em todos os trabalhos realizados e principalmente por todo conhecimento transmitido. Vocês foram peças fundamentais para a execução desse trabalho, obrigado!!!

Aos amigos Bruno (Purungão) e Waldyr (Dyrzin), pela parceria em todos os momentos.

A todos os moradores, ex-moradores e agregados da família: republica CE QUE SABE. A nossa mãe de Bandeirantes, Rogéria, que cuida da republica com muito amor e carinho.

Aos amigos Victor (Japaldinho), Rodolfo (Miúdo), Cezar (Cezinha), Guilherme (Azeitona) e Luciano (Petaldinho), por serem incentivadores desse projeto. Pela

amizade que construímos durante todo esse tempo em Bandeirantes. Considero vocês como parte da minha família, muito obrigado.

As amigas Fernanda e Olívia, pelo apoio desde a graduação, meu muito obrigado.

A todos os professores e funcionários da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

THEODORO, J.G.C. **Efeito de *rainfastness* nas misturas de herbicidas auxínicos com glyphosate aplicados em plantas com dois estágios diferentes de desenvolvimento.** 2020 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirante 2020.

RESUMO

A ocorrência de plantas daninhas nas áreas agrícolas é um dos principais desafios encontrados pelos agricultores, sendo os herbicidas a principal ferramenta para realizar o controle dessas plantas. Fatores ambientais, como a ocorrência de chuvas logo após a pulverização dos herbicidas, podem diminuir sua eficiência de controle. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de chuva simulada de 10 mm sobre o *rainfastness* das misturas dos herbicidas 2,4-D + glyphosate e dicamba + glyphosate no controle das espécies de caruru (*Amaranthus* spp), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e soja (*Glycine max* L.) em dois estágios de desenvolvimento (estágio inicial e estágio final). Os herbicidas utilizados nas misturas foram: Sal dimetilamina (DMA806 BR® 670 g L⁻¹), Sal de potássio de glifosato (Roundup Transorb R®, 480 g L⁻¹) e Dicamba (Atectra®, 480 g L⁻¹). As misturas foram pulverizadas com a ponta TTI11002 (300 kPa) e com taxa de aplicação constante de 150 L ha⁻¹. Após a aplicação, as plantas foram submetidas a chuva simulada de 10 mm em diferentes tempos: 5 minutos (chuva imediata); 15 minutos; 30 minutos; 45 minutos; 120 minutos e 240 minutos. A chuva foi realizada por um simulador de chuva equipado com três pontas defletoras de modelo *floodjet inox TK-SS* e na distância vertical de 2,0 m da parte superior das plantas. Também foi determinado o pH, a densidade e a tensão superficial das duas misturas. Para cada mistura foi realizado um experimento em um arranjo fatorial de 3 x 2 x 6 (espécies x estágios x tempo de chuva) com seis repetições. As avaliações de controle foram visuais e realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação (DAA). O controle foi determinado através da escala da ALAM (1974). Os resultados indicam que a ocorrência de chuva após a aplicação da mistura de 2,4-D + glyphosate reduziu o controle das espécies de *Glycine max* L. e *Commelina benghalensis* L.. As plantas de *Amaranthus* spp. apresentaram controle muito bom após um período de 30 minutos sem ocorrência de chuva. A ocorrência de chuva após a aplicação da mistura de dicamba + glyphosate reduziu o controle das espécies de *Amaranthus* spp. e *Commelina benghalensis* L. As plantas de *Glycine Max* L. apresentaram controle excelente independente do período de ocorrência de chuva após a aplicação. Conclui-se que a redução da eficiência das misturas dos herbicidas 2,4-D + Glyphosate e Dicamba + Glyphosate são dependentes do tempo de ocorrência da chuva após a aplicação, das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas.

Palavras chave: perdas por chuva, tecnologia de aplicação, mistura em tanque e chuva simulada.

Abstract

The occurrence of weeds in agricultural areas is one of the main challenges faced by farmers, with herbicides being the main tool for controlling these plants. Environmental factors, such as the occurrence of rain immediately after spraying the herbicides, can decrease its control efficiency. The objective of this work was to evaluate the effect of simulated rain of 10 mm on the rainfastness of the mixtures of the herbicides 2.4-D + glyphosate and dicamba + glyphosate in the control of the species of *Amaranthus* spp., *Commelina benghalensis* L. and *Glycine max* L. in two stages of development (initial stage and final stage). The herbicides used in the mixtures were: Dimethylamine salt (DMA806 BR® 670 g L⁻¹), Glyphosate potassium salt (Roundup Transorb R®, 480 g L⁻¹) and Dicamba (Atectra®, 480 g L⁻¹). The mixtures were sprayed with nozzles TTI11002 (300 kPa) and with constant application rate of 150 L ha⁻¹. After application, the plants were submitted to rain simulation of 10 mm at different times: 5 minutes (immediate rain); 15 minutes; 30 minutes; 45 minutes; 120 minutes and 240 minutes. The rain performed by a rain simulator equipped with three deflector nozzles *TK-SS stainless floodjet* model and at a vertical distance of 2.0 m from the top of the plants. The pH, density and surface tension of the two mixtures were also determined. For each mixture, an experiment was carried out in a factorial arrangement of 3 x 2 x 6 (species x stages x rain time) with six replications. Control assessments were visual and performed at 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after application (DAA). Control was determined using the ALAM scale (1974). The occurrence of rain after application of the 2.4-D + glyphosate mixture reduced the control of *Glycine max* L. and *Commelina benghalensis* L.. The *Amaranthus* spp plants showed very good control after 30 minutes period without rain. The occurrence of rain after the application of the dicamba + glyphosate mixture reduced the control of *Amaranthus* spp. and *Commelina benghalensis* L. The *Glycine Max* L. plants showed excellent control regardless of the period of rainfall after application. It is concluded that the reduction in the efficiency of mixtures with the herbicides 2.4-D + Glyphosate and Dicamba + Glyphosate are dependent on the time of occurrence of rain after application, kind of species and stage of development of the plants.

Key words: rain losses, application technology, tank mix and simulated rain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantas utilizadas no experimento: trapoeraba (<i>Commelina benghalensis</i> L.) (A), caruru (<i>Amaranthus</i> spp) (B) e soja (<i>Glycine max</i> L. Merrill) (C). Foto: Theodoro, j.g.c. (2020).....	28
Figura 2 - Sementes utilizadas para o plantio de <i>Amaranthus</i> spp (A), <i>Commelina benghalensis</i> L. (B) e <i>Glycine max</i> L. Merrill, variedade BRS 543 RR (C). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).....	28
Figura 3 - Plantas de <i>Commelina benghalensis</i> L. semeadas em bandejas célula (A); Mudas de <i>Amaranthus</i> spp. transplantadas para o vaso (B) e <i>Glycine max</i> L. Merrill germinada (C).....	29
Figura 4 - Herbicidas utilizados para a mistura de dicamba + glyphosate. Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).....	30
Figura 5 - Pulverizador laboratorial de aplicações. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	31
Figura 6 - Ponta de pulverização TT11002, filtro de malha 50, anel de vedação utilizados para aplicação das misturas. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.....	32
Figura 7 - Ponta TT11002 no momento da aplicação dos herbicidas 2,4-D + Glyphosate. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	32
Figura 8 - Manômetro da barra de pulverização registrando a pressão de 43,5 PSI. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	33
Figura 9 - Medição do pH para a mistura de Dicamba + Glyphosate. Foto: Cunha, w.a.b. (2020).....	34
Figura 10 - Equipamento pHmetro modelo digimed-DM-3P. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	34
Figura 11 - Bomba de infusão modelo Samtronic ST7000 com fluxo de 6 mL h ⁻¹ , utilizada para realização da tensão superficial. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	35
Figura 12 - Pesagem das gotas da mistura Dicamba + Glyphosate para realização da tensão superficial. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	36
Figura 13 - Pesagem da mistura dicamba + glyphosate e da água para cálculo da densidade. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	37
Figura 14 - Simulação de precipitação no experimento de Dicamba + Glyphosate. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	38
Figura 15 - Pontas defletoras <i>floodjet inox</i> TK-SS utilizadas para a simulação de gotas de precipitação. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	39
Figura 16 - Pontas defletoras simulando precipitação com. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	39
Figura 17 - Coletores utilizados na captação do volume de precipitação. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	40
Figura 18 - Pesagem em balança de precisão (0,01g) do volume de água captado pelas bacias coletoras. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.....	40
Figura 19 - Distribuição das espécies de plantas (<i>Glycine max</i> L., <i>Commelina benghalensis</i> L. e <i>Amaranthus</i> spp.) momento antes da aplicação dos herbicidas 2,4-D + glyphosate Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	43
Figura 20 - Plantas de <i>Glycine max</i> L. no estágio de desenvolvimento E1. Foto: Cunha, W.A.B. (2020).....	44
Figura 21 - Termohigrômetro com os valores de temperatura e umidade relativa durante a simulação de precipitação. Foto: Cunha, W.A.B. (2020).....	44
Figura 22 - Plantas de <i>Amaranthus</i> spp., no estágio de desenvolvimento inicial (E1). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).....	45

Figura 23 - Planta de <i>Commelina benghalensis</i> L., no estágio de desenvolvimento inicial. Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	45
Figura 24 - Planta de <i>Glycine max</i> L. no estágio de desenvolvimento final. Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	46
Figura 25 - Superfície foliar de <i>Commelina benghalensis</i> L. após a aplicação dos herbicidas 2,4-D + glyphosate. Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	46
Figura 26 - Organização dos vasos, para a simulação de precipitação. Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	47
Figura 27 - Precipitação simulada nas plantas para o tratamento 3 (30' após a aplicação). Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.	47
Figura 28 - Precipitação simulada nas plantas de <i>Glycine max</i> L., no estágio de desenvolvimento final (E2) Foto: NITEC/UENP.	48
Figura 29 - <i>Glycine max</i> L. no estágio de desenvolvimento E1, alinhadas no momento da aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate (ensaio 2). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	49
Figura 30 - Precipitação simulada nas plantas de <i>Glycine max</i> L. no tratamento 1 (5' após a aplicação) (ensaio 2). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	49
Figura 31 - Média geral do controle aos 35 DAA da aplicação de 2,4-D + Glyphosate em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($P < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).	53
Figura 32 - Controle muito bom da planta de <i>Amaranthus</i> spp. (E2) com a mistura de 2,4-D + Glyphosate. Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	54
Figura 33 - Injúrias causadas pela aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate: epinastia e amarelecimentos das folhas na planta de <i>Glycine max</i> L. (A); Quebra do pecíolo e inibição do crescimento na planta de <i>Commelina benghalensis</i> L. (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	54
Figura 34 - Diferença de controle em função do estágio de desenvolvimento das plantas de <i>Amaranthus</i> spp.: Estágio inicial (E1) (A); Estágio final (E2) (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	55
Figura 35 - Média geral do controle aos 35 DAA em função do tempo de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate. As barras representam o Intervalo de Confiança ($IC_{95\%}$).	56
Figura 36 - Controle aos 35 DAA em função da interação entre as espécies e o estágio de desenvolvimento após a média geral dos diferentes tempos de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($p < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).	57
Figura 37 - Efeitos da ocorrência de precipitação simulada 30 minutos após a aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate no controle de <i>Amaranthus</i> spp. Estágio inicial (A); Estágio final (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	58
Figura 38 - Controle aos 35 DAA em função das espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.	59
Figura 39 - Controle aos 35 DAA em função da interação entre o estágio de desenvolvimento das plantas e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.	61
Figura 40 - Diferença de controle das plantas de <i>Glycine max</i> L. no estágio final, em função da ocorrência de precipitação após a aplicação: 5 minutos após aplicação (A) 240 minutos após a aplicação (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	61

Figura 41 - Média geral do controle aos 35 DAA da aplicação de Dicamba + Glyphosate em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($P < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).....	63
Figura 42 - Sensibilidade das plantas de <i>Glycine max</i> L. a mistura de Dicamba + Glyphosate: 3 dias após a aplicação da mistura (A); 21 dias após a aplicação da mistura (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).....	64
Figura 43 - Dificuldade de controle apresentada pela espécie de <i>Commelina benghalensis</i> L.: Testemunha sem aplicação dos herbicidas (A); Planta aplicada (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	64
Figura 44 - Controle de <i>Commelina benghalensis</i> L. em diferentes estágios de desenvolvimento. Estágio inicial (E1) (A) e Estágio final (E2). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	65
Figura 45 - Média geral do controle aos 35 DAA em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate. As barras representam o Intervalo de Confiança ($IC_{95\%}$).	66
Figura 46 - Controle aos 35 DAA em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas após a aplicação de Dicamba + Glyphosate. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($p < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).	67
Figura 47 - Controle das plantas de <i>Glycine max</i> L. em diferentes estágios de desenvolvimento. Estágio inicial (E1) e Estágio final (E2). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	68
Figura 48 - Controle aos 35 DAA em função das espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.....	69
Figura 49 - Comparação de injúrias visuais entre as plantas de <i>Commelina benghalensis</i> L.: Tratamento sem ocorrência de precipitação após a aplicação (A); Tratamento com ocorrência de precipitação 5 minutos após a aplicação (B). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).....	70
Figura 50 - Controle aos 35 DAA em função do estágio de desenvolvimento das plantas e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.	71
Figura 51 - Curva de controle das plantas de <i>Commelina benghalensis</i> L. no estágio E2 em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação. (Sequência dos vasos: Testemunha; T+; T1; T2; T3; T4; T5; T6). Foto: Theodoro, J.G.C. (2020).	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Misturas de herbicidas utilizados no estudo dos fatores espécies, estágio de desenvolvimento e tempo de ocorrência de chuvas após a aplicação.	29
Tabela 2 - Descrição dos estágios de desenvolvimento das plantas.....	30
Tabela 3 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate.....	41
Tabela 4 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate.	42
Tabela 5 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate.....	42
Tabela 6 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate.	43
Tabela 7 - Propriedades físico-químicas das misturas de 2,4-D + Glyphosate e Dicamba + Glyphosate.	51
Tabela 8 - Quadro da análise de variância (ANOVA), para a interação entre espécies de plantas, estágio de desenvolvimento e intervalo de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.....	52
Tabela 9 - Equações e coeficiente de determinação (R^2) do controle em função da interação entre as espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.	59
Tabela 10 - Equações e coeficiente de determinação (R^2) para controle em função do estágio de desenvolvimento das plantas e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.	61
Tabela 11 - Quadro da análise de variância (ANOVA), para a interação entre espécies de plantas, estágio de desenvolvimento e intervalo de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.	62
Tabela 12 - Equações e coeficiente de determinação R^2 para a porcentagem de controle das espécies em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.....	69
Tabela 13 - Equações e coeficiente de determinação R^2 para estágio de desenvolvimento das plantas em função da ocorrência de precipitação após a aplicação.....	71

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Plantas daninhas.....	16
2.1.1 <i>Amaranthus</i> spp. (Caruru)	17
2.1.2 <i>Commelina benghalensis</i> L. (Trapoeaba).....	18
2.1.3 <i>Glycine max</i> L. Merrill (Soja).....	19
2.2 Herbicidas	20
2.2.1 Glyphosate.....	21
2.2.2 Dicamba.....	22
2.2.3 Ácido 2 4-diclorofenoxiacético	23
2.3 Rainfastness	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Local e manejo das plantas.....	27
3.2 Semeadura das Plantas Daninhas.....	27
3.3 Aplicação dos herbicidas.....	29
3.4 Avaliação das propriedades físicas e químicas das misturas de herbicidas.	33
3.4.1 Determinação do pH	33
3.4.2 Tensão Superficial	34
3.4.3 Densidade das misturas	36
3.5 Simulador de chuva	37
3.6 Experimentos	41
3.7 Avaliação visual	50
3.8 Análise Estatística.....	50
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	51
4.1 Propriedades físico-químicas das misturas.....	51
4.2 2,4-D + Glyphoste	52
4.3 Dicamba + Glyphoste.....	61
5 Conclusão	72
REFERÊNCIAS	73

1. INTRODUÇÃO

Inúmeras espécies de plantas invasoras apresentam potencial de redução de rendimento da cultura devido à competição pelos recursos disponíveis. O caruru (*Amaranthus* spp.) é considerada uma invasora de difícil controle devido ao grande número de produção de sementes e rápido desenvolvimento (HORAK e LOUGHIN, 2000). No mesmo sentido, a trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) produz sementes na parte aérea e rizomas, além de regenerar em fragmentos do caule (KISSMANN, 1997; RIAR et al., 2016). Podendo estar presente como invasora, a soja (*Glycine max* L. Merrill) também possui potencial de interferência em demais cultivos (BOND e WALKER, 2009; TOLEDO et al., 2008).

O controle químico de plantas daninhas é um dos principais métodos adotados na agricultura convencional. O herbicida glifosato é amplamente empregado por sua capacidade de controle de diversas plantas daninhas, sobretudo após o surgimento da tecnologia de cultivares resistentes a este herbicida (GALLI, MONTEZUMA, 2005; DUKE; POWLES, 2008). Do mesmo modo, o advento de tecnologias de plantas resistentes ao dicamba e uma nova formulação capaz de reduzir sua volatilidade e risco de deriva permitem sua aplicação em pós-emergência da cultura, expandindo as opções para a rotação de mecanismos de ação de herbicidas (DONLEY 2018; OSIPITAN, 2019). Dentre os herbicidas mais utilizados, encontra-se também o 2,4-D, sendo o primeiro herbicida seletivo e sistêmico utilizado em pós emergência e atuando principalmente na plasticidade da membrana celular de plantas (VARGAS, 2003; QUEIROZ; VIDAL, 2014; PETERSON et al., 2016).

No entanto, existem fatores que podem interferir na eficiência do produto, citando-se as características do próprio herbicida, como seu mecanismo de ação, penetração, absorção, cobertura e espécies de plantas daninhas na área (MONQUERO et al., 2004; MARCHI et al. 2008). Fatores ambientais como a ação de chuva logo após a pulverização, assim como a sua intensidade, podem diminuir a absorção dos herbicidas, e conseqüentemente a eficácia e controle

das plantas daninhas, sendo que a capacidade de o herbicida resistir à chuva conhecida por *rainfastness* (SOUZA et al., 2014; SYMONDS et al., 2016).

Tendo como base a interferência da espécie e estágio de desenvolvimento da planta e do efeito da chuva no processo de absorção de herbicidas, se tornam necessárias informações científicas sobre a influência destes fatores na eficiência de aplicações de misturas em tanque de herbicidas auxínicos, tais como 2,4-D e Dicamba, com o herbicida Glyphosate no controle de plantas daninhas.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de chuva simulada de 10 mm sobre o *rainfastness* das misturas dos herbicidas 2,4-D + glyphosate e Dicamba + glyphosate no controle das espécies de caruru (*Amaranthus* spp), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e soja (*Glycine max.*) em dois estágios de desenvolvimento (estágio inicial e estágio final).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Plantas daninhas

Termos como “plantas daninhas”, “plantas invasoras” e “ervas daninhas” remetem a indesejabilidade destas em atividades agrícolas, de acordo com Brighenti e Oliveira (2011). O conceito de planta daninhas é citado por vários autores. Para uns, é toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada (SHAW, 1956). Para outros, são plantas estranhas a cultura, podendo acarretar perdas de até 30% na produtividade, devido a alelopatia e também a sua competição por água, nutrientes e luz, além de fatores como a diminuição da qualidade dos grãos e serem hospedeiros para doenças e pragas (LORENZI 2014; SAAD 1978).

De acordo com Brighenti e Oliveira (2011), as plantas daninhas podem ser divididas em dois grandes grupos: plantas daninhas “comuns” e plantas daninhas “verdadeiras”. Plantas remanescentes de cultivos, como no caso de sementes de milho da safra anterior emergindo durante o cultivo da soja ou soja no cultivo de milho, são popularmente conhecidas como plantas voluntárias, e enquadradas no primeiro grupo citado anteriormente. Por outro lado, plantas daninhas “verdadeiras” apresentam características de maior agressividade; capacidade de se desenvolver mesmo em condições adversas; rusticidade e grande número de sementes, sendo adaptadas para melhor dispersão e propagação da espécie.

A presença de plantas daninhas acarreta competição com a cultura pela disponibilidade de recursos como água, luz e nutrientes. Apresentam características morfológicas que permitem sua sobrevivência e perpetuação por maior período, sendo que algumas espécies de plantas daninhas podem apresentar diversificadas formas de multiplicação, como a presença de tubérculos, estolões, rizomas e bulbos. A influência do homem também favorece a evolução das plantas, já que cria ambientes favoráveis para seu crescimento, transporte de sementes via máquinas agrícolas, uso de um único mecanismo de ação no controle e hibridações entre espécies selvagens (BAKER, 1974; PITELLI 2001; BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Além de causar interferência na produtividade da cultura, plantas invasoras ainda causam inúmeros outros efeitos negativos. Segundo Brighenti e

Oliveira (2011), a incidência de plantas daninhas em áreas de cultivo pode diminuir o valor comercial do local, principalmente se as espécies presentes forem de difícil controle. Plantas daninhas que apresentem espinhos podem inviabilizar a exploração de áreas de pastos, podendo ferir animais ou apresentar alto risco de intoxicação se ingeridas.

Para um controle eficiente sucesso de controle é necessária a correta identificação de plantas daninhas na área, para então definir o nível de interferência e danos na cultura. Cada espécie pode apresentar distintas formas para se estabelecer, além de apresentar diferentes níveis de resistência e tolerâncias aos herbicidas (CRUZ et al., 2009; CARVALHO, 2013).

2.1.1 *Amaranthus* spp. (Caruru)

As espécies do gênero *Amaranthus*, conhecida popularmente como caruru, pertence à família Amaranthaceae e está introduzida na agricultura mundial como uma planta daninha de difícil controle. Nativa da região noroeste do México e sul da Califórnia, possui mais de 75 espécies espalhadas pelo mundo das quais dez tem importância nas áreas agrícolas do Brasil (KISSMANN e GROTH, 1999; WARD et al., 2013).

Tem como característica de identificação ser uma planta anual, herbácea, reproduzida exclusivamente por sementes, com porte que pode variar de 0,40 m a 1,80 m (LORENZI, 2014). Fatores como o rápido crescimento e desenvolvimento, podem produzir mais de 200 mil sementes por planta e alta germinação destas faz com que seu controle seja dificultado, aumentando a posterior competição com as culturas economicamente desejáveis (HORAK e LOUGHIN, 2000; CARVALHO et al. 2008). Outro fator é a realização da fotossíntese pelo ciclo C4, que oferece vantagem em relação as culturas C3, já que produzem mais carboidratos (CARVALHO et al. 2015).

Em regiões agrícolas do Brasil, cerca de 10 espécies de *Amaranthus* ocorrem nas lavouras. Plantas de *A. palmeri* foram identificadas pela primeira vez no Brasil em lavouras no Mato Grosso, sendo identificados os primeiros biótipos resistentes a herbicidas como glifosato e a mecanismos de ação como

o ALS (Acetolactato Sintase) (ANDRADE JÚNIOR et al., 2015; CARVALHO et al., 2015; GONÇALVES NETTO et al., 2016). Estudos realizados por Palma-Bautista et al. (2019), identificaram uma baixa absorção de e comprometimento da translocação do glifosato em plantas de *A. palmeri* resistentes ao herbicida, e identificaram este fato como um dos principais mecanismos de resistência. De acordo com Francischini et al. (2019), também foram observadas populações de *A. retroflexo* resistente a herbicidas cujo mecanismo de ação correspondem ao grupo dos ALS e Fotossistema II.

Nos Estados Unidos a espécie de *Amaranthus palmeri* está entre as duas plantas daninhas mais competitivas e prejudiciais na cultura do milho, soja e algodão, pois além das suas características morfológicas apresenta resistência a herbicidas como o glyphosate, e mecanismos de ação como inibidores do fotossistema II, tubulina e HPPD (BECKIE, 2011). Casos de resistência múltipla também foram identificados (ANDRADE JUNIOR et al, 2015).

2.1.2 *Commelina benghalensis* L. (Trapoeiraba)

As plantas do gênero *Commelina* (trapoeiraba), são consideradas umas das dez piores plantas daninhas do mundo, causando prejuízos em culturas como soja, algodão, milho, pastagens e banana (WEBSTER et al., 2005). São plantas perenes, com alta capacidade de ramificação, cobrindo grande parte do solo, podendo atingir até 60 cm de altura (LORENZI, 2014).

A flexibilidade reprodutiva de *C. benghalensis* se dá pela produção de sementes na parte aérea e por rizomas, sendo que estas germinam mesmo estando a 12cm de profundidade (KISSMANN, 1997). As sementes possuem características variáveis de dormência e germinação. Além disso, tem a capacidade de se regenerar a partir de fragmentos de caule (RIAR et al., 2016).

Em áreas agrícolas do Brasil diferentes espécies de trapoeiraba são encontradas, sendo *Commelina benghalensis* L., *Commelina avillosa*, *Commelina erecta*, e *Commelina difusa* as de maior destaque (PENCKOWSKI; ROCHA, 2006). A identificação e reconhecimento de cada espécie é de grande importância para se atingir um controle satisfatório, pois se comportam de

maneira distinta, influenciando na escolha do herbicida a ser utilizado (ROCHA et al., 2007).

Características morfológicas da fisiologia de *C. benghalensis* aliado ao alto grau de tolerância ao glifosato a tornam excepcionalmente difícil de se controlar em sistemas agrônômicos quando ele se estabelece. Por esse motivo, associações de herbicidas se tornaram uma ferramenta necessária para o controle da planta daninha (MACIEL et al., 2011). Em pesquisa realizada por Marchi et al. (2013), o herbicida glyphosate (960 g ha^{-1}) quando aplicado isoladamente apresentou um controle significativamente de 66%, já quando associado aos herbicidas cloransulam (40 g ha^{-1}), clorimuron (10 g ha^{-1}) e imazetapir (100 g ha^{-1}) proporcionaram controle de 93% em todos os tratamentos. Resultados semelhantes também foram observados por Maciel et al. (2011).

2.1.3 *Glycine max* L. Merrill (Soja)

O Brasil começou a explorar a soja como um produto comercial ao final da década de 60, fato esse que posteriormente influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Nessa época, o trigo era a principal cultura do Sul do país, a soja surgia como opção de verão, em sucessão ao trigo. Ao mesmo passo o Brasil iniciava produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. A explosão do preço da soja no mercado mundial, no final da década de 70, despertou interesse de agricultores e do governo brasileiro. O País é favorecido em relação a época de escoamento da safra, que ocorre na entressafra americana, quando os preços atingem maiores cotações. Desde então, o país passou a investir em tecnologia para adaptação da cultura às condições brasileiras (EMBRAPA, 2017).

Investimentos em pesquisa levaram à "tropicalização" da soja, permitindo, que o grão fosse plantado em regiões de baixas latitudes, entre o trópico de capricórnio e a linha do equador. Tal êxito transformou a história mundial de produção da soja e seu impacto começou a ser notado na década de 90, quando os preços do grão começaram a cair. (DE SOUZA, 2011).

Liderando o ranking de produção, o Brasil superou os Estados Unidos como maior produtor mundial de soja, responsáveis por 120,3 e 96,8 milhões de toneladas do grão (cerca de 37 e 28% da produção mundial), respectivamente. O Brasil também é o maior exportador de soja, representando cerca de 51% da exportação mundial, seguido dos Estados Unidos, com 33%. O aumento na produção brasileira se deve em partes ao crescimento de 2,7% na área plantada da soja em relação à safra passada, saindo de 35.874 mil hectares para 36.843,5 mil hectares, na atual. Apesar do forte impacto causado pelo desempenho da safra no Rio Grande do Sul, a cultura apresentou produtividades recordes em Mato Grosso, Paraná, Goiás, São Paulo, Tocantins, Maranhão, Rondônia e Distrito Federal (AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION, 2020; CONAB, 2020).

Em relação aos avanços tecnológicos, o desenvolvimento da soja *Round up Ready* (RR), a primeira planta transgênica a ser aprovada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) em 1998, com cultivo comercial liberado a partir da safra 2006/07, trouxe consigo a dificuldade no controle de plantas voluntárias de soja. A soja voluntária ocorre a partir da germinação de sementes que foram debulhadas das vagens antes ou durante a colheita, ou mesmo de sementes com anomalias na germinação (BOND e WALKER, 2009; TOLEDO *et al.*, 2008).

A adoção de sementes de soja resistente a herbicidas, chega perto de 100% da área cultivada com soja no Brasil (ANAY CURY, 2017). Desta maneira, as plantas voluntárias podem causar perdas devido à matocompetição em cultivos subsequentes (YOUNG *et al.*, 2007). Segundo Adegas *et al.* (2014), quando a soja voluntária atinge população acima de 8 m⁻² em cultivo de milho safrinha, as perdas de produtividade podem chegar em até 40%.

2.2 Herbicidas

O uso de produtos fitossanitários representa no mercado agrícola um dos principais métodos de controle de doenças, pragas e plantas daninhas, apresentando um controle imediato e evitando grandes perdas na safra (SMITH, 1970; VATS, 2014). Deste modo, o uso dos herbicidas se torna necessário, sendo classificados como substâncias químicas, capazes de selecionar, eliminar ou suprimir o crescimento de espécies específicas, (OLIVEIRA Jr 2011).

A escolha correta do herbicida a ser utilizado depende da cultura instalada, das espécies de plantas daninhas que estão presentes no local e as estratégias como rotação de mecanismos de ação, a fim de evitar a resistência de plantas daninhas (MARCHI et al. 2008).

É fundamental para um controle ideal dessas plantas o conhecimento do modo de ação dos herbicidas, sua classificação e forma de aplicação, (LORENZI et al. 2014).

2.2.1 Glyphosate

O *glyphosate* é um herbicida não seletivo que teve seu início na agricultura em 1974, se tornando o mais utilizado e estudado mundialmente, já que além de apresentar elevadas taxas de controle, também consegue controlar plantas daninhas anuais e perenes tanto de folha estreita quanto larga (GALLI, MONTEZUMA, 2005). No ano de 2000, com o surgimento das culturas resistentes ao glyphosate (RR), sua utilização aumentou significativamente o seu uso se tornou em maior escala, possibilitando aos produtores um controle mais barato, prático, ausente de fitotoxicidade e com a substituição dos herbicidas seletivos (DUKE; POWLES, 2008).

Sua utilização se dá apenas para controle de plantas daninhas em pós emergência, já que apresenta alta sorção com o solo, sofrendo uma degradação biológica e inviabilizando o seu uso em pré emergência (KRUSE, 2000). Seu modo de ação é na inibição da enzima 5-enol-piruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais tanto para o crescimento quanto para a sobrevivência das plantas como: fenilalanina, tirosina e triptofano, precursores de outros produtos, como lignina, alcaloides, flavonoides e ácidos benzoicos (OLIVEIRA Jr. et al. 2011). Com isso a entrada de carbono pelas vias inibidas também é prejudicada causando redução na eficiência da fotossíntese (CARVALHO, 2013).

As injúrias causadas pelos inibidores de EPSPS nas plantas daninhas aparecem lentamente e gradualmente, podendo levar até semanas para o total controle, sendo a paralisação do crescimento, amarelecimento das folhas, clorose com posterior necrose dos tecidos os sintomas mais comuns (OLIVEIRA

Jr. et al 2011; CARVALHO, 2013). Estudos realizado por Rocha et al. (2007), onde ao utilizar glyphosate (960 g i.a. ha⁻¹) aplicado isoladamente para o controle de trapoeraba (*Commelina benghalensis*), verificaram que os sintomas apresentados foram apenas amarelecimento das folhas e um baixo controle da planta daninha. Já Santos et al., (2004), utilizando a dose de 1.440 g ha⁻¹, os sintomas como senescência das folhas e ramos secos só foram observados aos 65 dias após a aplicação.

A absorção do glyphosate ocorre inicialmente na cutícula, seguida por absorção simplástica lenta em células que possuam a enzima alvo (WANG, 2007; MORIN et al., 1997). Em baixas concentrações a absorção pode ser passiva não facilitada ou por proteínas transportadoras (Phosphatate Transporter) da membrana plasmática, mas em altas concentrações, por difusão (MERVOSH; BALKE, 1991; HETHERINGTON et al., 1998). A translocação ocorre principalmente pelo floema e célula a célula através dos plasmodesmos (JACHETTA et al., 1986)

2.2.2 Dicamba

O Dicamba é um herbicida sistêmico que tem sido utilizado no mercado há mais de 60 anos, principalmente em culturas de milho, cereais e pastagens (EGAN; MORTENSEN, 2012). Pertence ao grupo químico ácido benzóico sendo classificado como um mimetizador de auxina, com a finalidade de controlar diversas plantas perenes, de folha larga, sendo seletivos para as gramíneas.

Os sintomas nas plantas daninhas aparecem poucas horas após a aplicação do produto, devido a alterações na permeabilidade da membrana e abertura estomática (COBB et al. 2010). Injúrias como epinastia, inibição do crescimento, folhas enroladas, engrossamento e rachadura do caule e raízes, clorose, necrose, encarquilhamento das folhas do dossel e morte das plantas entre 3 a 5 semanas também são citadas pelos autores (OLIVEIRA Jr. 2011), (CARVALHO, 2013), (SCHWARTZ-LAZARO et al., 2017).

A resistência de plantas daninhas e problemas de controle em culturas de folhas larga fez necessário a introdução de novas cultivares de soja, que apresentam resistência ao glyphosate e ao dicamba (BISH et al., 2019). Deste

modo o uso anual desse herbicida tende a aumentar de maneira significativa, já que não fica mais limitado somente na dessecação e pode ser usado em pós emergência nas culturas da soja (até estágio de desenvolvimento reprodutivo R1 e R2) e no algodão (7 dias antes da colheita) (DONLEY 2018). Portanto a adição do dicamba no manejo cultural se torna mais uma opção de rotação de mecanismos de ação, e controle de plantas daninhas resistentes e tolerantes (PRESTON et al. 2009).

Em pesquisa realizada por Soltani, Shropshire e Sikkema (2020), a mistura de dicamba + glyphoste (900, 1350, 1800 g i.a. ha⁻¹), quando utilizados em culturas resistentes mostrou ser uma alternativa eficiente para o controle de *Amaranthus* spp, já que apresentaram controle acima de 96% aos 28 dias após a aplicação. Ao estudar casos de resistência de buva (*Conyza bonariensis*), Soares et al. (2012) e Kruger et al. (2010) relataram que para um controle acima de 90% das plantas é necessário no mínimo 350 a 372,28 g i.a. ha⁻¹ de dicamba.

2.2.3 Ácido 2 4-diclorofenoxiacético

Amplamente utilizado desde o seu lançamento em 1946, o herbicida Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) foi o primeiro herbicida seletivo e sistêmico em pós emergência a surgir no mercado agrícola se tornando umas das ferramentas mais utilizadas no mundo para o controle de plantas daninhas (QUEIROZ; VIDAL, 2014; PETERSON et al., 2016). Classificado como do grupo dos ácidos fenoxicarboxílicos, atua na planta como um mimetizador de auxina, atuando nos sistemas enzimáticos carboximetil celulase e RNA polimerase que influenciam, respectivamente, a plasticidade da membrana celular e o metabolismo de ácidos nucléicos, possibilitando o aumento anormal de DNA, RNA e proteínas que, conseqüentemente, promovem a divisão descontrolada das células e o crescimento anormal das plantas sensíveis (VARGAS, 2003).

O 2,4-D pode ser absorvido por folhas, caules e raízes. A absorção pelas folhas se dá por difusão passiva ou por transportadores presentes na membrana plasmática (AUX1) (WANG, 2007; KLEINE-VEHN et al., 2006). São consideradas moléculas de alta mobilidade, sendo a longa distância: transportada por fluxo de massa nos tecidos do floema (LJUNG et al., 2005) ou

a curta distância: célula à célula através de transportadores específicos (GRUNEWALD; FRIML, 2010).

O ácido de 2,4-D não pode ser usado de forma direta, já que em sua forma pura apresenta pouca solubilidade com a água, necessitando de alterações para que facilite dispersão e mistura (GERVAIS et al. 2008). As formulações mais aceitas e comercializadas no mercado, são aquelas à base de amina, que quando entram em contato com o sal de 2,4-D, tornam o ingrediente ativo solúvel em água (PETERSON et al., 2016). Sosnoskie et al. (2015) ao estudar a volatilidade de três formulações de 2,4-D (éster, sal de amina e sal colina) em plantas sensíveis (algodão), relataram que formulação sal de choline foi a que menor apresentou injúrias a 1,5 m de distância do tratamento se mostrando uma alternativa mais segura do que à base de éster.

A associação de 2,4-D com o herbicida glyphosate é uma das alternativas para o controle das plantas daninhas de difícil controle e resistentes ao glyphosate, pois incluem o uso de diferentes mecanismos de ação (ROBINSON et al., 2012). Segundo Takano et al. (2013) a mistura de 2,4-D + glyphosate para o controle de *Commelina benghalensis* L., *Richardia brasiliensis*, *Euphorbia heterophylla*, *Sperma cocelatifolia*, *Ipomoea grandifolia* e *Conyza spp* constatou um controle superior para todos os tratamentos quando comparados em formas isoladas. No mesmo sentido, Oliveira Neto et al. (2010), observaram controle satisfatório quando utilizaram a mistura no controle de buva (*Conyza bonariensis*) na dessecação.

Em pesquisa realizada por Farinelli et al., 2005, o herbicida 2,4-D (Aminol 806 BR 670 g i.a. ha⁻¹) quando utilizado para o controle de *Raphanus raphanistrum* L, na cultura do milheto, promoveu um controle acima de 85%, demonstrando ser uma alternativa para o controle em pós emergência.

2.3 Rainfastness

A eficácia dos produtos fitossanitários se dá pela capacidade de suportarem diversos fatores ambientais após a sua aplicação, como o vento, radiação do sol, orvalho, chuva, e umidade relativa do ar (HUNSCHE et al., 2006). A capacidade de um produto resistir a remoção, após a ocorrência de

chuva e outros fatores ambientais é chamada de *rainfastness* (SYMONDS et al., 2016).

No caso dos herbicidas uma das propriedades que o torna eficaz é a sua rápida secagem e absorção quando depositados na superfície foliar das plantas, aumentando assim a sua resistência aos efeitos da chuva (THACKER e YOUNG, 1999). O intervalo para o início de uma chuva logo após a aplicação e o seu volume são considerados os fatores de maior influência no *rainfastness*. Quanto maior for a deposição, distribuição do produto na planta, mais rápida sua secagem e absorção pela planta, melhor sua eficiência evitando problemas como resistência de plantas daninhas por subdoses de produtos, poluição de rios e do lençol freático e também a necessidade de realizar novamente a pulverização (DAVIS et al., 2013; NANDULA et al., 2018; SYMONDS 2017).

Fatores como estágio fenológico das plantas, intensidade da chuva, dose e formulação dos produtos também definirão o período crítico de absorção (PIRES, 1998). Para atingir um controle satisfatório das plantas daninhas é necessário um tempo sem a ocorrência de chuva após a sua aplicação, de modo que o herbicida tenha total absorção e translocação de seu ingrediente ativo (SILVA, 2001).

As diferentes formulações para um mesmo herbicida podem influenciar a velocidade de absorção e de translocação do ingrediente ativo, assim como a eficiência de controle das espécies daninhas (SILVA et al., 2001). Ao avaliar o efeito da chuva em diferentes formulações de glyphosate, no controle de capim colchão (*Digitaria horizontalis*), Jakelaitis et al. (2001), constataram que após 4 horas sem chuva, os herbicidas de marca comercial Zapp (2,0 L p.c ha⁻¹), Zapp QI (1,50 L p.c. ha⁻¹) e Roundup Transorb (1,50 L p.c. ha⁻¹) já apresentaram controle das plantas acima de 80%. Feng, Sandbrink e Sammons (2000) testaram formulações de glyphosate (Roundup Ultra 360 g i.a L, Roundup Original 360 g i.a. L⁻¹ e Sulfosate 412 g i.a. L⁻¹) e observaram que após duas horas de chuva apenas o Roundup Ultra apresentou controle satisfatório de folha de veludo (*Abutilon theophrasti*).

Estudando formulações de glyphosate, Roman (2001) constatou que a maior porcentagem de controle para brachiaria (*Brachiaria plantaginea*), apresentou-se quando o intervalo de precipitação foi superior a 4 horas após a aplicação, com destaque para a formulação a base de sal monopotássico (360

g i.a ha⁻¹.), que apresentou maior controle. Corroborando com os resultados do autor, Martini et al. (2003), observaram que o período mínimo de 4 horas sem a presença de precipitação proporciona controle satisfatório das plantas daninhas com sal potássico de glifosato. Na mesma linha, o uso de 3,4 e 6,7 kg i.a ha⁻¹ de glyphosate foi responsável pelo controle acima de 90% em fetusca (*Lolium Arundinaceum*), sendo necessário um período de pelo menos 1 hora sem a presença de precipitação (GANNON; YELVERTO, 2008).

Para o herbicida 2,4-D, Souza et al. (2013) não observaram alterações no funcionamento do herbicida quando submetido a precipitação simulada com lâmina de 15 mm ocorrida 15 minutos após a pulverização. No entanto, os autores constataram que a eficiência de amônio glufosinate e 5 formulações de glyphosate no controle de corda de viola (*Ipoemea grandifolia*) tiveram redução independente do período de chuva. Resultados semelhantes foram observados para glufosinate de amônio no controle de cevada (*Hordeum vulgare*) e capim rabo de raposa (*Setaria viridis*), tendo a sua atividade reduzida em diferentes intervalos e intensidade de chuva. (ANDERSON; SWANTON; HALL; MERSEY, 1993). Para o controle de fedegoso (*Senna obtusifolia*) o herbicida 2,4-D (DMA 806BR 1,000 g i.a. ha⁻¹) necessita de um período mínimo de 30 minutos sem a presença de chuva (SOUZA et al., 2014).

Nesse sentido, o cuidado com o risco da ocorrência das chuvas e sua intensidade antes e após aplicação é de grande importância para o sucesso do controle de plantas daninhas, já que o *rainfastness* de diversos herbicidas pode comprometer a absorção e penetração.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e manejo das plantas

Os experimentos foram conduzidos no laboratório do Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas (NITEC), da Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP, *campus* Luiz Meneghel, localizado na cidade de Bandeirantes-PR, e as plantas foram cultivadas em casa de vegetação.

3.2 Semeadura das Plantas Daninhas

As plantas utilizadas no presente estudo foram, trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), caruru (*Amaranthus* spp) e soja (*Glycine max* L. Merrill) com variedade BRS 543 RR (Figura 1). Foram semeadas em bandejas células com substrato comercial e após a emergência, desbastadas e transplantadas (Figura 2 e 3). Para o recebimento das mudas transplantadas, utilizou-se vasos plásticos com capacidade de 1 L, preenchidos com terra vegetal com as seguintes especificações: Nitrogênio (0,87%), Potássio CA (K_2O) (0,25%), Cálcio (0,34%), Magnésio (0,16%), Enxofre ($0,26 \text{ mg L}^{-1}$), Ferro ($2,40 \text{ mg L}^{-1}$), Manganês (272 mg L^{-1}), Cobre (84 mg L^{-1}), Zinco (96 mg L^{-1}) Boro (187 mg L^{-1}), Sódio (375 mg L^{-1}), Matéria Orgânica (39,75%), Cinzas (60,26%), umidade (40,51%), pH= 5,7, Relação C/N 26/1 e CTC (207 mmol). Para as plantas daninhas *Amaranthus* spp e *Commelina benghalensis* L., foi conduzido duas mudas por vaso e para a *Glycine max* L. Merrill, após o desbaste, apenas uma planta por vaso.



Figura 1 - Plantas utilizadas no experimento: trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) (A), caruru (*Amaranthus* spp) (B) e soja (*Glycine max* L. Merrill) (C). **Foto:** Theodoro, j.g.c. (2020).

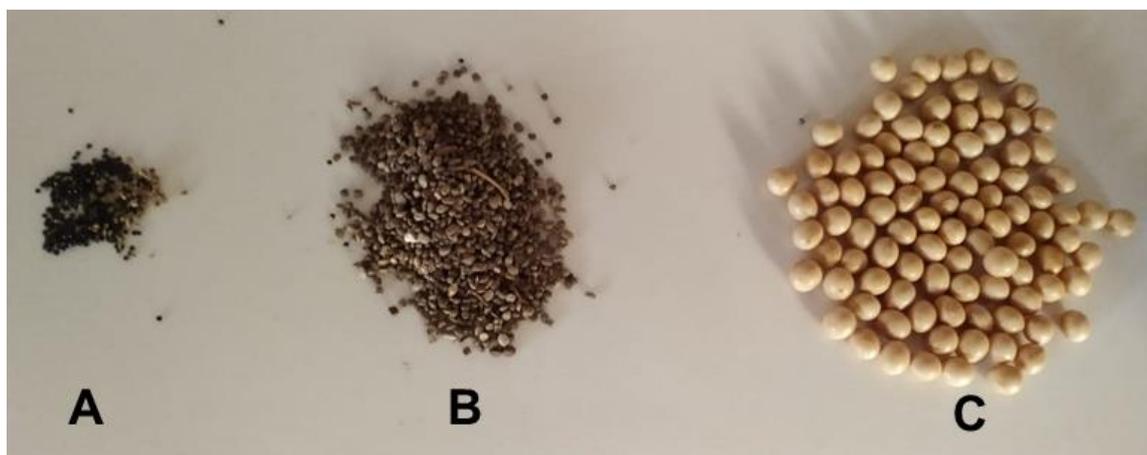
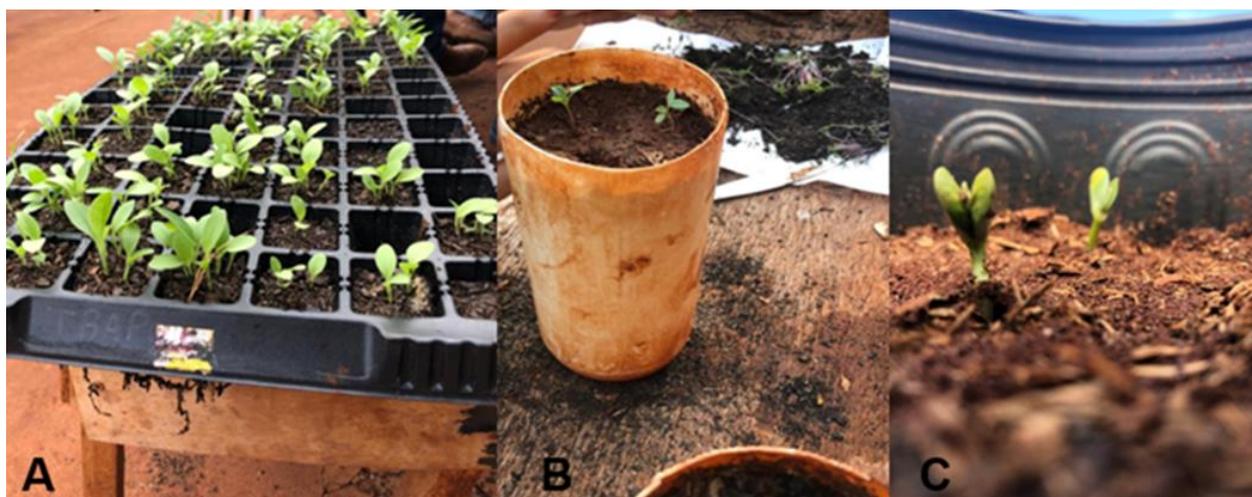


Figura 2 - Sementes utilizadas para o plantio de *Amaranthus* spp (A), *Commelina benghalensis* L. (B) e *Glycine max* L. Merrill, variedade BRS 543 RR (C). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020)



Fonte: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

Figura 3- Plantas de *Commelina benghalensis* L. semeadas em bandejas célula (A); Mudas de *Amaranthus* spp. transplantadas para o vaso (B) e *Glycine max* L. Merrill germinada (C).

3.3 Aplicação dos herbicidas

Os herbicidas utilizados (Figura 4) e suas respectivas misturas para o controle das plantas daninhas estão descritos na Tabela 1. Foram aplicados em pós emergência, assim que as plantas atingiram os estádios de desenvolvimento inicial (E1) e final (E2) (Tabela 2).

Tabela 1 - Misturas de herbicidas utilizados no estudo dos fatores espécies, estágio de desenvolvimento e tempo de ocorrência de chuvas após a aplicação.

Misturas	Nome comercial	Concentração	Dose
		(i.a. e.a)	L p.c. ha ⁻¹
Dicamba + Sal de potássio de glifosato	Atectra® (BASF) + RoundupTransorb R® (Bayer)	480 g L ⁻¹ +480 g/L ⁻¹	1,5 + 3,0
2,4-D + Sal de potássio de glifosato	DMA 806BR® + RoundupTransorb R® (Bayer)	670 g L ⁻¹ + 480 g L ⁻¹	1,2 + 3,0

Tabela 2 - Descrição dos estágios de desenvolvimento das plantas.

Espécie de plantas	Estágio inicial (E1)	Estágio final (E2)
<i>Glycine max</i> L.	Vegetativo (V3/V4)	Reprodutivo (R1)
<i>Amaranthus</i> spp.	Plântula	Maior que 10 cm
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Até 6 folhas	> 7 folhas

**Figura 4** - Herbicidas utilizados para a mistura de dicamba + glyphosate. **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020)

Foi utilizado para a aplicação dos herbicidas um pulverizador de testes de aplicações laboratoriais com pista de deslocamento de 15 m de comprimento, com sistema hidráulico composto por controlador de pressão manual e bomba hidráulica de três pistões, movido por motor elétrico de 1,5 kW, equipado com uma barra de dois metros e com quatro pontas de pulverização espaçadas em 0,5 m entre si e a 0,5 m de altura da parte superior das espécies de plantas (Figura 5). As pontas de pulverização utilizadas foram de jato plano, com indução de ar TTI11002 (Modelo Turbo Teejet Induction, classe de gotas Ultra grossas e fabricado por Spraying Systems Co.) (Figura 6 e 7). A pressão de

trabalho foi de 300 kPa (43,5 PSI) (Figura 8), velocidade de deslocamento de 1,75 m/s e taxa de aplicação constante de 150 L ha⁻¹.



Figura 5 - Pulverizador laboratorial de aplicações. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 6 - Ponta de pulverização TTI11002, filtro de malha 50, anel de vedação utilizados para aplicação das misturas. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 7- Ponta TTI11002 no momento da aplicação dos herbicidas 2,4-D + Glyphosate. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 8- Manômetro da barra de pulverização registrando a pressão de 43,5 PSI. Foto: NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

3.4 Avaliação das propriedades físicas e químicas das misturas de herbicidas (pH, tensão superficial, densidade).

3.4.1 Determinação do pH

Para a determinação do pH (Figura 9) foi utilizado um pHmetro, modelo digimed DM-3P (Figura 10). Antes de cada medição foi realizada a calibração do instrumento conforme a recomendação do fabricante. A mistura foi depositada em Becker de 500 mL e realizada a leitura do pH.



Figura 9 - Medição do pH para a mistura de Dicamba + Glyphosate. **Foto:** Cunha, w.a.b. (2020).



Figura 10 - Equipamento pHmetro modelo digimed-DM-3P. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

3.4.2 Tensão Superficial

Para a determinação da tensão superficial foi utilizada uma bomba de infusão modelo Samtronic ST7000 com fluxo de 6 mL h^{-1} (Figura 11), seringa de

10 mL, extensor capilar específico, balança de precisão (0,0001 g), copo de Becker e copo plástico. A mistura foi depositada no copo de Becker de modo que facilitasse a sua coleta com a seringa. Após a coleta da mistura, a seringa foi conectada a bomba de infusão e também ao capilar, o qual foi posicionado verticalmente de modo que depositasse as gotas para a pesagem na balança de precisão. A balança foi calibrada junto a um copo plástico, para receber a mistura (Figura 12). Foram pesadas um total de 30 gotas totalizando 5 tratamentos com 6 repetições para cada calda.



Figura 11 - Bomba de infusão modelo Samtronic ST7000 com fluxo de 6 mL h^{-1} , utilizada para realização da tensão superficial. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

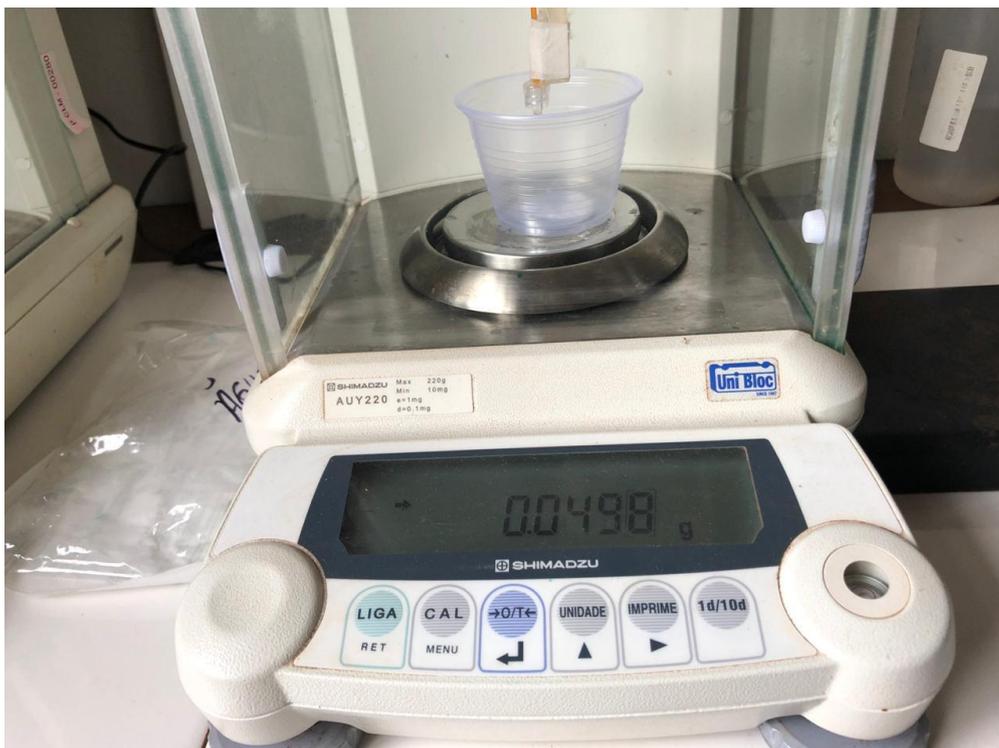


Figura 12 - Pesagem das gotas da mistura Dicamba + Glyphosate para realização da tensão superficial. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR

3.4.3 Densidade das misturas

Para determinação da densidade (Figura 13) das misturas foi utilizada uma balança de precisão (0,0001), balões volumétricos (100 mL), copo de Becker e conta gotas. A massa do balão foi tarada e com o auxílio do copo de Becker e do conta gotas, a mistura coletada após a aplicação foi depositada no mesmo até atingir o menisco. Com o valor da massa em gramas e o volume em mL, a densidade das misturas foi calculada com o auxílio da Equação 1.

$$d = \frac{m}{v}$$

Em que:

d= densidade da solução (kg m^{-3});

m= massa da calda (kg);

v= volume da calda (m^3).



Figura 13 - Pesagem da mistura dicamba + glyphosate e da água para cálculo da densidade. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

3.5 Simulador de precipitação.

A simulação de chuva (Figura 14) foi realizada com o mesmo pulverizador de teste laboratoriais de aplicação, porém acoplado acima da barra de pulverização e com regulagens de altura, uma outra barra equipada com três pontas defletoras de modelo *floodjet inox TK-SS*, ajustada para a altura de 2,0 m da parte superior das plantas (Figura 15 e 16) e espaçadas a 0,35 m entre si,. A água utilizada foi originada de um reservatório e injetada por uma bomba, com pressão de saída mantida constante em 1000 kPa. O volume de água foi coletado a cada passada do pulverizador nas plantas dispostas na pista de aplicação e também foi colocado após as plantas três bacias coletoras (Figura 17), e posteriormente, pesadas em balança com precisão de 0,01 g (Figura 18) para o cálculo da quantidade de precipitação aplicada em cada repetição e tratamento.

O volume de precipitação aplicado em cada tratamento foi calculado com o auxílio da Equação 2

$$p = \frac{v}{a}$$

Em que:

P = precipitação simulada ($L\ m^{-2}$ ou mm)

V= volume de água coletado (Litros)

A= área da seção de captação de água (m^2).

Após a aplicação dos herbicidas nas plantas daninhas (E1 e E2), os tratamentos foram submetidos a precipitação simulada com lâmina de 10 mm em 6 diferentes períodos: 5' (precipitação imediata), 15', 30', 60', 120' e 240'.



Figura 14 - Simulação de precipitação no experimento de Dicamba + Glyphosate. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 15 - Pontas defletoras *floodjet inox* TK-SS utilizadas para a simulação de gotas de precipitação. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 16- Pontas defletoras simulando precipitação com. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 17- Coletores utilizados na captação do volume de precipitação. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 18 - Pesagem em balança de precisão (0,01g) do volume de água captado pelas bacias coletoras. **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

3.6 Experimentos

Considerou-se cada período de precipitação após aplicação dos herbicidas como um tratamento, ficando nomeado os períodos: 5 minutos, tratamento 1 (T1); 15 minutos, tratamento 2 (T2); 30 minutos, tratamento 3 (T3); 60 minutos, tratamento 4 (T4); 120 minutos, tratamento 5 (T5) e 240 minutos, tratamento 6 (T6) e mais duas testemunhas (com aplicação do herbicida mas sem a ocorrência chuva (T+) e outra sem aplicação dos herbicidas (T-), totalizando 8 tratamentos

Os experimentos foram separados por misturas em um arranjo fatorial de 3x2x6, cujo fatores avaliados foram: 1) espécies de plantas daninhas; 2) estágio de desenvolvimento das plantas; 3) períodos de precipitação após a aplicação dos herbicidas, testemunha aplicada sem precipitação e testemunha sem aplicação. Foi realizado com seis repetições em delineamento em blocos casualizados.

As condições meteorológicas no momento da aplicação e da simulação de precipitação foram coletadas por meio de leituras em um termohigrômetro (Figura 21) e posteriormente anotadas (Tabela 3; 4; 5 e 6).

Tabela 3 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate.

Tratamento	Horário	Temperatura °C	Umidade Relativa %
Aplicação	9:00	27,9	57,
T1	9:05	27,9	58
T2	9:15	28,1	59
T3	9:30	28,9	59
T4	10:00	29,1	58
T5	11:00	29,6	55
T6	13:00	30,1	51
Média		28,8	56,71
DP		0,86	2,87

DP-Desvio-padrão.

Tabela 4 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate.

Tratamento	Horário	Temperatura °C	Umidade Relativa %
Aplicação	9:00	27,5	53
T1	9:05	27,5	53
T2	9:15	26,9	51
T3	9:30	27,4	51
T4	10:00	27,6	50
T5	11:00	34,0	43
T6	13:00	32,4	39
Média		29,04	48,57
DP		2,88	5,41

DP-Desvio-padrão.

Tabela 5 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate.

Tratamento	Horário	Temperatura °C	Umidade Relativa %
Aplicação	9:00	23,3	52
T1	9:05	23,3	53
T2	9:15	23,4	54
T3	9:30	23,5	53
T4	10:00	23,9	51
T5	11:00	24,4	52
T6	13:00	27,9	49
Média		24,24	52
DP		1,66	1,63

DP-Desvio-padrão.

Tabela 6 - Condições meteorológicas dos tratamentos na aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate.

Tratamento	Horário	Temperatura °C	Umidade Relativa %
Aplicação	9:00	25,6	63
T1	9:05	25,6	64
T2	9:15	25,6	64
T3	9:30	25,6	65
T4	10:00	25,6	65
T5	11:00	25,9	61
T6	13:00	27,1	55
Média		25,85	62,42
DP		0,55	3,55

DP-Desvio-padrão.



Figura 19 - Distribuição das espécies de plantas (*Glycine max* L., *Commelina benghalensis* L. e *Amaranthus* spp.) momento antes da aplicação dos herbicidas 2,4-D + glyphosate **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.



Figura 20 - Plantas de *Glycine max* L. no estágio de desenvolvimento E1. **Foto:** Cunha, W.A.B. (2020).

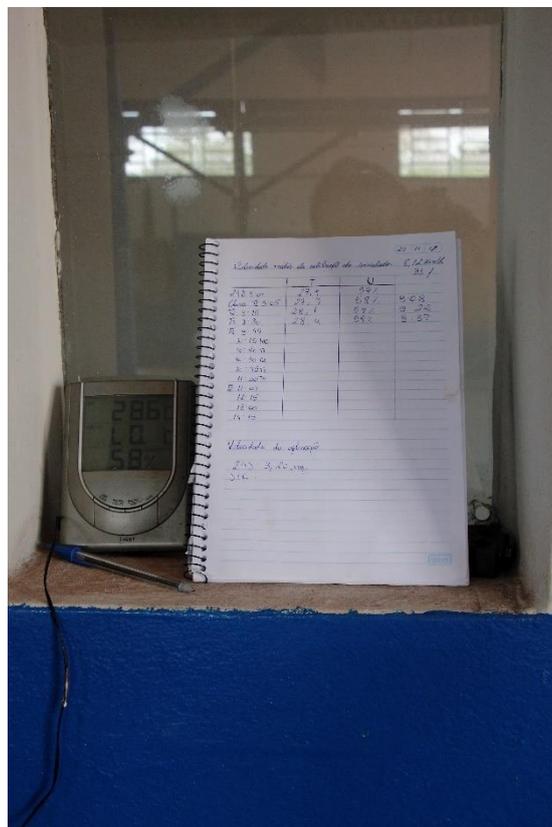


Figura 21 - Termohigrômetro com os valores de temperatura e umidade relativa durante a simulação de precipitação. **Foto:** Cunha, w.a.b. (2020).



Figura 22 - Plantas de *Amaranthus* spp., no estágio de desenvolvimento inicial (E1). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020)



Figura 23 - Planta de *Commelina banghalensis* L., no estágio de desenvolvimento inicial. **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 24 - Planta de *Glycine max* L. no estágio de desenvolvimento final. **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 25 - Superfície foliar de *Commelina benghalensis* L. após a aplicação dos herbicidas 2,4-D + glyphosate. **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 26 - Organização dos vasos, para a simulação de precipitação. **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 27 – Precipitação simulada nas plantas para o tratamento 3 (30' após a aplicação). **Foto:** NITEC/UENP, Bandeirantes/PR.

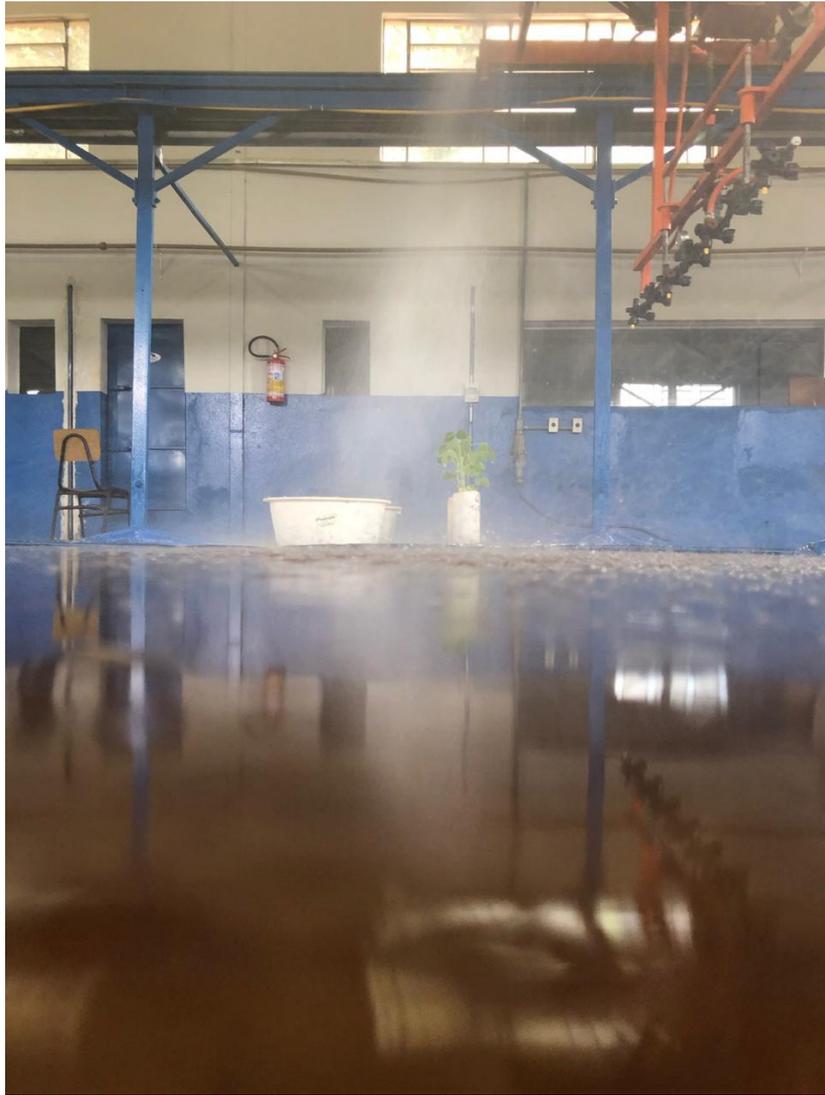


Figura 28 – Precipitação simulada nas plantas de *Glycine max* L., no estágio de desenvolvimento final (E2) **Foto:** NITEC/UENP.



Figura 29 - *Glycine max* L. no estágio de desenvolvimento E1, alinhadas no momento da aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate (ensaio 2). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 30 – Precipitação simulada nas plantas de *Glycine max* L. no tratamento 1 (5' após a aplicação) (ensaio 2). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

3.7 Avaliação visual

As avaliações visuais de controle das plantas daninhas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação (DAA), por três avaliadores. O controle foi determinado através da escala da ALAM (1974) onde: 0 a 40% de controle (pobre, nenhum); 41% a 60% (regular); 61% a 70% (suficiente); 71% a 80% (bom); 81% a 90% (muito bom); e 91% a 100% (excelente). Os sintomas de controle considerados nas espécies foram: epinastia e deformações nos pecíolos e folhas, tumores ao longo do caule, inibição do crescimento, amarelecimento, necrose e clorose das folhas.

3.8 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e verificado as interações entre os fatores espécies, estágios de desenvolvimento e os tempos de ocorrência de precipitação após a aplicação. Na estrutura de comparação, as médias das espécies foram comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$), as médias dos estágios de desenvolvimento foram comparadas pelo teste t de Student para dados independentes ($p < 0,05$) e para o fator tempo de ocorrência de chuva foi ajustado um modelo quadrático validado pela significância dos parâmetros e pelos valores do coeficiente de determinação (R^2).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físico-químicas das misturas.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de tensão superficial (mN m^{-1}), densidade (kg m^{-3}) e pH das misturas de 2,4-D + Glyphosate e Dicamba + Glyphosate. Observa-se que o pH apresentou pouca variabilidade para mistura de 2,4-D + Glyphosate, apresentando valores de 4,87 e 4,76. Isso também ocorreu para a mistura de Dicamba + Glyphosate, que obteve valores de 4,78 e 4,70. Resultados semelhantes foram encontrados por Mueller e Steckel (2019), que ao estudar o pH da mistura de Dicamba + Glyphosate observaram médias entre 4,60 e 4,79. A eficiência dos herbicidas podem ser potencializadas quando o pH das caldas se encontram próximos de 4,5 aumentando a sua atividade e absorção foliar. (SOUZA; VELLOSO, 1996; SANCHOTENE et al, 2007)

Já para a densidade, observa-se que todas as misturas apresentaram valores próximos a densidade da água ($1,0 \text{ kg m}^{-3}$). A tensão superficial de todas as misturas apresentou valores abaixo da tensão da água (76 mN m^{-1}), com destaque para a mistura de Dicamba + Glyphosate no ensaio 4, que atingiu uma tensão de $26,68 \text{ mN m}^{-1}$. Segundo Oliveira (2011), a tensão superficial é de grande importância para uma aplicação eficiente, já que está diretamente ligada a molhabilidade, espalhamento e absorção da calda na superfície foliar.

Tabela 7 - Propriedades físico-químicas das misturas de 2,4-D + Glyphosate e Dicamba + Glyphosate.

	2,4-D + Glyphosate			Dicamba + Glyphosate		
	Tensão Superficial (mN m^{-1})	Densidade (kg m^{-3})	pH	Tensão Superficial (mN m^{-1})	Densidade (kg m^{-3})	pH
	30,13	0,9996	4,87	35,27	1,0027	4,78
	30,77	1,0012	4,76	26,68	1,0019	4,70
Média	30,45	1,0004	4,81	30,97	1,0023	4,74

DP	0,45	0,001	0,07	6,07	0,0005	0,05
----	------	-------	------	------	--------	------

DP-Desvio-padrão.

4.2 2,4-D + Glyphoste

O quadro da ANOVA do controle das espécies em função dos fatores envolvidos e as suas interações estão descritos na Tabela 8. Observa-se que foi significativo os fatores isolados, espécies, estágio e tempo de ocorrência de chuva e também todas as interações de espécies com estágio de desenvolvimento, espécies com tempo de ocorrência de precipitação e estágio com o tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate. Nota-se também que a interação tripla foi significativa. Para melhor entendimento dos resultados serão apresentadas as interações duplas dos fatores envolvidos no experimento. O experimento apresentou média variabilidade experimental ($10\% < CV < 20\%$), conforme Pimentel-Gomes (2000).

Tabela 8 - Quadro da análise de variância (ANOVA), para a interação entre espécies de plantas, estágio de desenvolvimento e intervalo de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Pr>FC
Espécies	2	84383,46	42191,73	0.0000
Estágio	1	30166,71	30166,71	0.0000
Precipitação	5	22015,89	4403,17	0.0000
Espécie*Estágio	2	1230,53	615,26	0.0000
Espécies*Precipitação	10	20113,80	2011,38	0.0000
Estágio*Precipitação	5	4069,76	813,95	0.0000
Espécie*Estágio*Precipitação	10	16074,89	1607,48	0.0000
Erro	180	8052,40	44,73	

CV (%) = 11,97
Média Geral = 55,88

Na Figura 31 está apresentado uma média geral do controle das espécies em função das espécies e do estágio de desenvolvimento. Observa-se que a espécie de *Amaranthus* foi a única a atingir um controle muito bom (controle 81% a 90%) de 83%, seguido pela *Glycine max* L. de 43% e *Commelina benghalensis* L. de 41%. A utilização conjunta de dois diferentes mecanismos de ação, como

os inibidores de EPSP (Glyphosate) e mimetizadores de auxina (2,4-D), ajudam a potencializar o controle de *Amaranthus* spp. (Figura 32). Apesar de não atingir um controle excelente, as plantas de *Glycine max* L. e *Commelina benghalensis* L. apresentaram sinais comuns causados pelo 2,4-D (Figura 33) como: epinastia, amarelecimento das folhas, inibição do crescimento e quebra do pecíolo.

Houve diferença significativa entre os dois estágios de desenvolvimento, sendo que o estágio inicial (E1) apresentou maior controle, com média de 68%. Roman et al. (2005), afirmam que plantas perenes em estágio pós inicial possuem baixo índice de área foliar e a cutícula ainda em desenvolvimento, características essas que facilitam o seu controle quando comparadas com estágios mais avançados. Essa diferença fica evidente no presente trabalho, quando comparamos as plantas de *Amaranthus* spp (Figura 34) onde o estágio inicial apresentou controle excelente em todos os tratamentos, demonstrando uma maior sensibilidade das plantas a mistura de 2,4-D + Glyphosate.

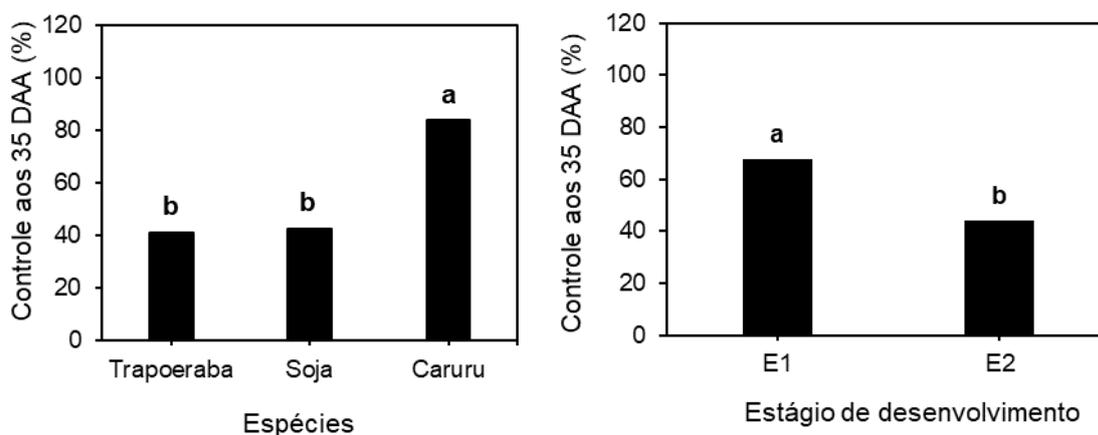


Figura 31 - Média geral do controle aos 35 DAA da aplicação de 2,4-D + Glyphosate em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($P < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).



Figura 32- Controle muito bom da planta de *Amaranthus* spp (E2) com a mistura de 2,4-D + Glyphosate. **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 33 - Injúrias causadas pela aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate: epinastia e amarelecimentos das folhas na planta de *Glycine max* L. (A); Quebra do pecíolo e inibição do crescimento na planta de *Commelina benghalensis* L. (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).



Figura 34 - Diferença de controle em função do estágio de desenvolvimento das plantas de *Amaranthus* spp: Estágio inicial (E1) (A); Estágio final (E2) (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

Na figura 35 está apresentado o controle geral das espécies aos 35 DAA, em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate. Em geral, quando comparado com a testemunha a eficácia da mistura de 2,4-D + Glyphosate, foi diminuída para todos os tratamentos em que se teve a ocorrência de precipitação após a aplicação. Observa-se que o controle nos intervalos de 5; 15; 30 e 60 minutos foram afetados de forma mais intensa, já que apresentaram uma redução de 48%,54%,46% e 40% respectivamente.

Verificou-se um aumento de controle a partir de 120 minutos sem precipitação, porém não se atingiu um controle muito bom das plantas em nenhum dos tratamentos. Observa-se que a ocorrência de precipitações após 5 minutos da aplicação em geral, não apresentou diferença até os 120 minutos. Em 240 minutos após a aplicação houve diferença significativa com tempo de precipitação abaixo de 30 minutos. Sendo assim a ocorrência de uma precipitação de 240 minutos após a aplicação, demonstra ser um intervalo crítico para a total absorção dos herbicidas e promover o controle das plantas.

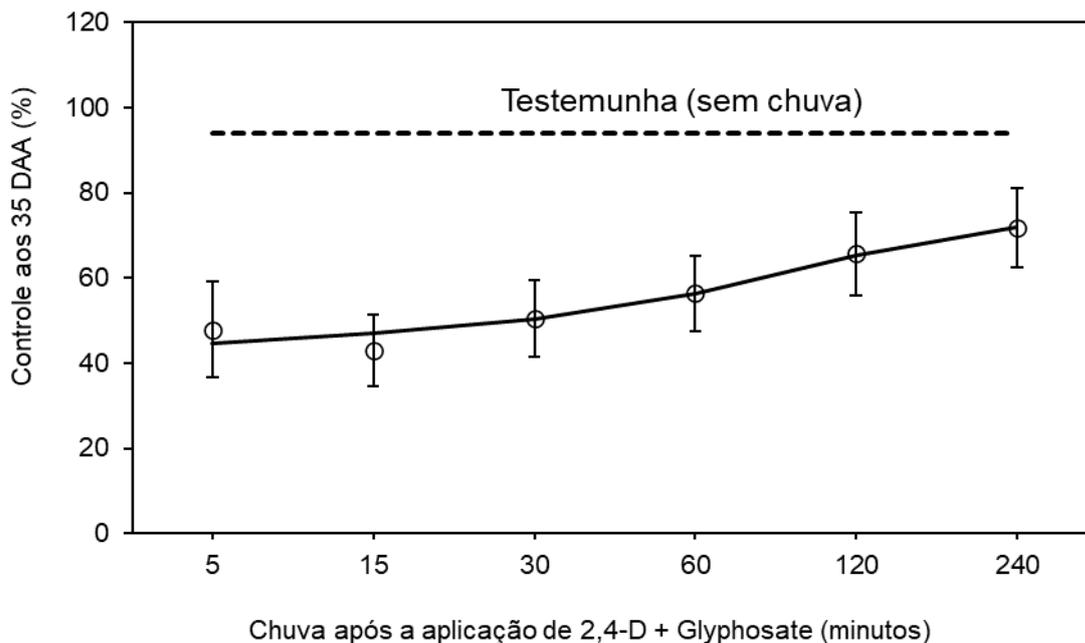


Figura 35 - Média geral do controle aos 35 DAA em função do tempo de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate. As barras representam o Intervalo de Confiança (IC_{95%}).

Na figura 36 está apresentado o controle aos 35 DAA em função da interação entre as espécies e o estágio de desenvolvimento das plantas após o tempo de ocorrência de precipitação. O controle de *Amaranthus* spp no estágio de desenvolvimento inicial (plântula), se mostrou excelente, atingindo média de controle de aproximadamente 95% e reduzindo para o estágio final (maior que 10 cm), com controle de apenas 73%. Robinson et al., (2010) observaram médias superiores de controle quando testaram a eficiência da mistura de 2,4-D + Glyphosate sem posterior presença de precipitação, no controle de *Amaranthus t.* atingindo 100% de controle aos 28 dias após a aplicação. Desse modo, no presente trabalho foi possível observar que a ocorrência de precipitação pode ser um fator limitante no controle das plantas de *Amaranthus* spp, (Figura 37) já que em uma área agrícola, é comum encontrarmos plantas daninhas da mesma espécie em diferentes estágios de desenvolvimento.

Na avaliação realizada para *Glycine max* L., no estágio de desenvolvimento inicial (vegetativo 3 e vegetativo 4), não foi possível observar controle excelente quando se teve a presença de precipitação, atingindo um controle regular de aproximadamente 57%. Em pesquisa realizada por Dan et al,

(2013), ao usar o herbicida 2,4-D de forma isolada, sem interferência de precipitação e para o mesmo estágio de desenvolvimento, se teve um controle de 95%. Essa redução de controle ficou mais evidente no estágio final (reprodutivo 1), onde se atingiu um controle máximo de aproximadamente 27%. Destaca-se que independente do estágio de desenvolvimento em que se encontravam as plantas de *Glycine max* L., a precipitação após a aplicação, pode apresentar uma redução na eficiência da mistura de 2,4-D + Glyphosate.

Para *Commelina benghalensis* L., a ocorrência de precipitação após a aplicação dos herbicidas, reduziu o controle nos dois estágios de desenvolvimento estudados. Os resultados do presente trabalho complementam os observados por Costa et al, (2011) que ao estudar a influência de precipitação no controle das plantas de *Commelina benghalensis* L., relataram ser necessário um período de 12 horas sem precipitação para que se tenha total absorção e translocação da mistura de 2,4-D + Glyphosate. Nota-se que quando há ausência da simulação de precipitação, o controle de *Commelina benghalensis* L. pode atingir um controle acima de 93% (TAKANO et al (2018) e SANTOS et al, (2002).

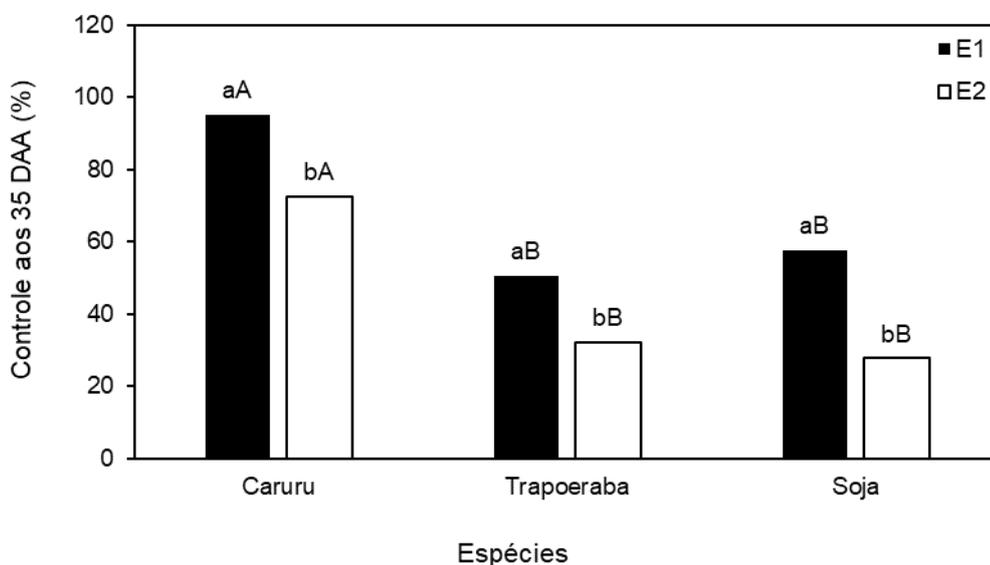


Figura 36 - Controle aos 35 DAA em função da interação entre as espécies e o estágio de desenvolvimento após a média geral dos diferentes tempos de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($p < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).

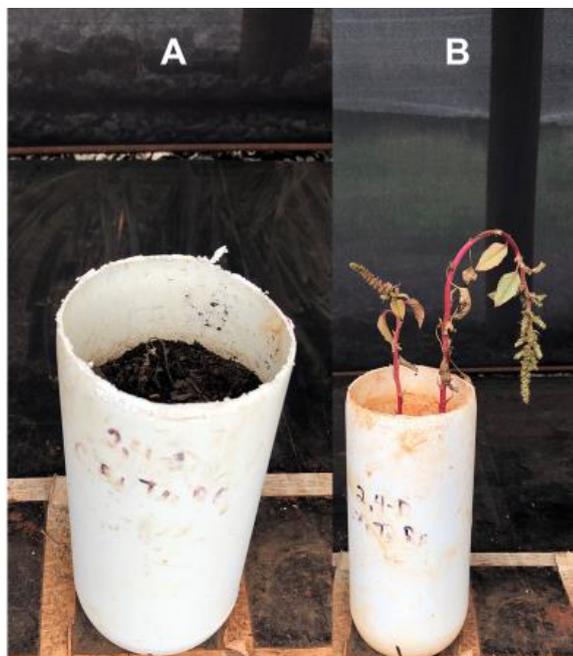


Figura 37 - Efeitos da ocorrência de precipitação simulada 30 minutos após a aplicação da mistura de 2,4-D + Glyphosate no controle de *Amaranthus* spp. Estágio inicial (A); Estágio final (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

Na Figura 38 está apresentado a média de controle aos 35 DAA da interação entre as espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação. Para *Glycine max* L., observa-se que efeito da precipitação sobre a ação dos herbicidas ocorreu em todos os tratamentos, onde o controle da planta foi aumentando a medida em que o intervalo de precipitação após a aplicação se tornava maior, atingindo 69,25% de controle aos 240 minutos. Apesar da *Glycine max* L. ser uma planta sensível ao herbicida 2,4-D, ficou evidente que a ocorrência de precipitação dificulta a total absorção e translocação do produto nas plantas, sendo necessário um período acima de 240 minutos livre de precipitação para se ter um controle muito bom (> 81%).

Para *Commelina benghalensis* L. a ocorrência de precipitação reduziu o controle das plantas em todos os tratamentos. O mesmo não foi observado para *Amaranthus* spp, que em um intervalo de 30 minutos sem a ocorrência de

precipitação, atingiu um controle muito bom de 84%. Essa diferença de controle pode estar relacionada as diferentes superfícies foliares que as plantas apresentam, influenciando na absorção dos produtos e susceptibilidade a lavagem pela precipitação. Ao estudar diferentes superfícies foliares de plantas daninhas, Monquero et al. (2004), descrevem que plantas de *Commelina benghalensis* L. apresentam um baixo número de estômatos, uma camada de cera epicuticular, além de tricomas alongados. Já as plantas de *Amaranthus hybridus* tem como características uma superfície foliar lisa, sem tricomas.

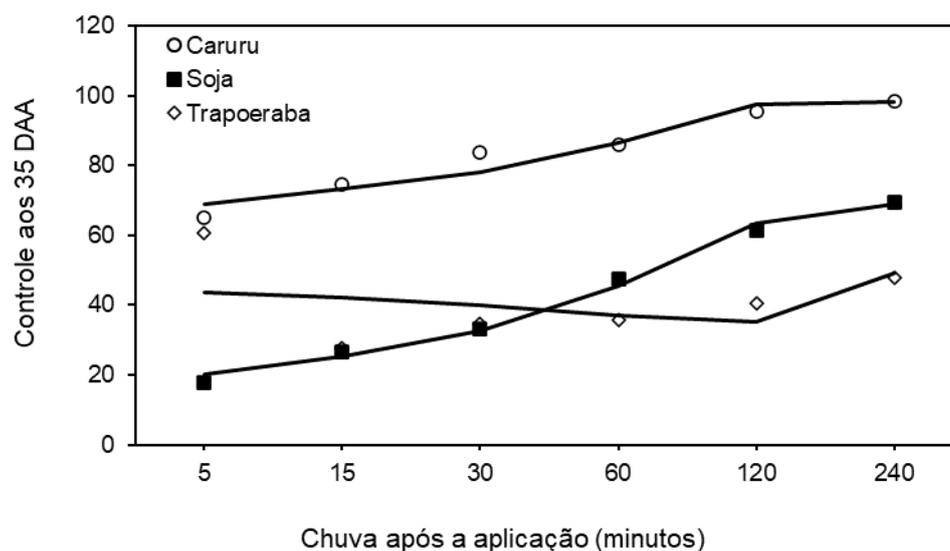


Figura 38 - Controle aos 35 DAA em função das espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.

Tabela 9 - Equações e coeficiente de determinação (R^2) do controle em função da interação entre as espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.

Espécie	Equação	R^2 (%)	p-valor
<i>Amaranthus</i> spp	$y = 68,05 + 0,364x - 0,000998x^2$	92,04	0,05
<i>Glycine max</i> L.	$y = 17,52 + 0,547x - 0,001389x^2$	99,21	0,05
<i>Commelina benghalensis</i> L.	$y = 44,65 - 0,177x + 0,000819x^2$	18,64	0,05

Na figura 39 está apresentado o controle das espécies em função da interação entre estágio de desenvolvimento e o tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação. Observa-se que para os dois estágios a

precipitação após a aplicação reduziu a eficácia dos herbicidas. Mesmo quando aplicada em um estágio de desenvolvimento inicial, considerado de fácil controle, a eficácia da mistura de 2,4-D + Glyphosate foi reduzida, sendo necessário um intervalo de no mínimo 240 minutos sem ocorrência de precipitação para se ter um controle de 85% das plantas.

Já para o estágio de desenvolvimento final, o controle apresentou uma redução expressiva quando comparado com o estágio inicial, atingindo 59% de controle no intervalo de 240 minutos sem ocorrência de precipitação. Também é possível observar que à medida que aumenta o tempo entre a aplicação e a ocorrência de precipitação, o controle também aumenta. Isso ocorre devido a menor eficiência de absorção e translocação dos herbicidas nesse estágio, necessitando de maiores períodos sem a presença de precipitação para que não ocorra a lavagem dos herbicidas.

Essa diferença de controle pode ser evidenciada ao comparar as plantas de *Glycine max* L. nos períodos de 5 e 240 minutos sem a ocorrência de precipitação (Figura 40). Verifica-se que a planta que recebeu uma precipitação imediata, apresentou um maior crescimento e formação de vagens, e para a outra planta, se teve um amarelecimento das folhas e não ocorreu formação de vagem.

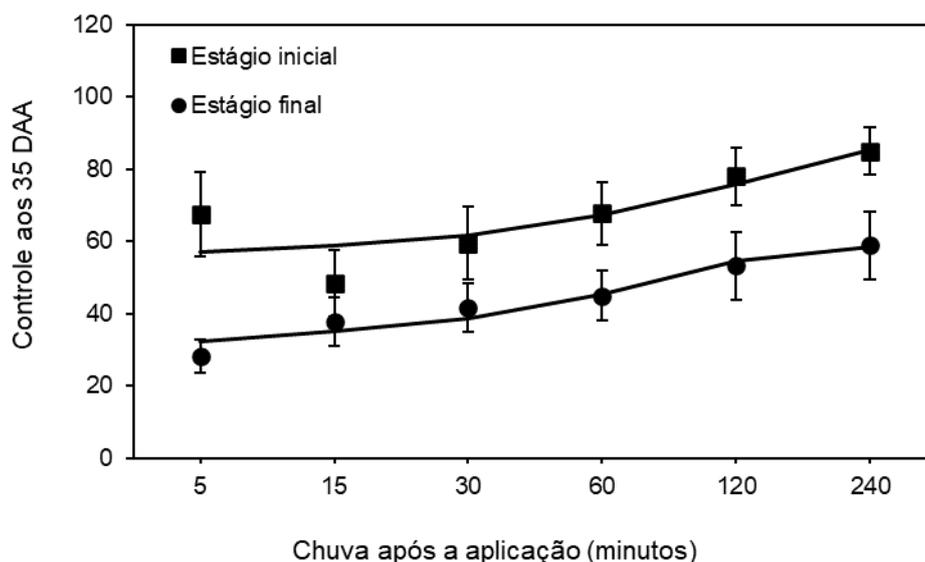


Figura 39 - Controle aos 35 DAA em função da interação entre o estágio de desenvolvimento das plantas e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.

Tabela 10 - Equações e coeficiente de determinação (R²) para controle em função do estágio de desenvolvimento das plantas e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de 2,4-D + Glyphosate.

Estágio	Equação	R ² (%)	p-valor
Inicial (E1)	$y = 55,87 + 0,209x - 0,000360x^2$	72,39	0,05
Final (E2)	$y = 30,95 + 0,279x - 0,000684x^2$	94,28	0,05

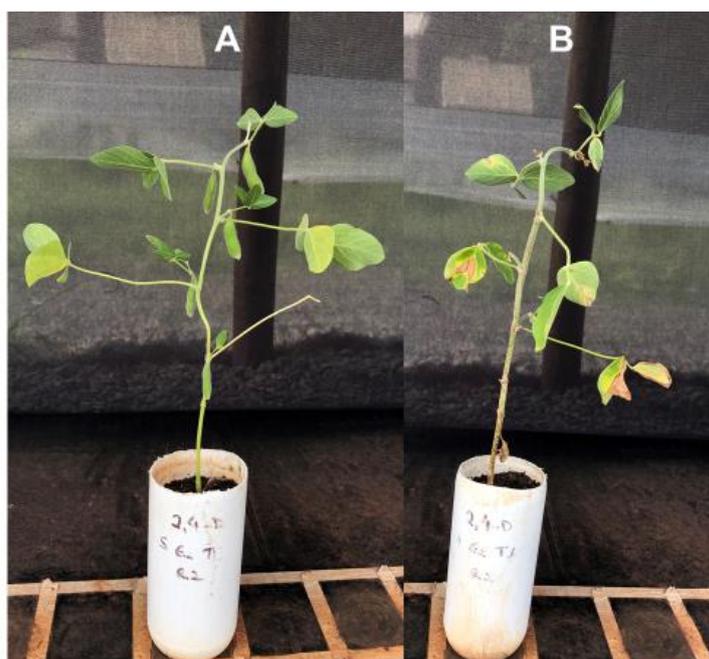


Figura 40 - Diferença de controle das plantas de *Glycine max* L. no estágio final, em função da ocorrência de precipitação após a aplicação: 5 minutos após aplicação (A) 240 minutos após a aplicação (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

4.3 Dicamba + Glyphoste

O quadro da ANOVA do controle das espécies em função dos fatores envolvidos e as suas interações estão descritos na Tabela 11. Observa-se que

foram significativos os fatores isolados, espécies, estágio e tempo de ocorrência de precipitação e também as interações de espécies com estágio de desenvolvimento, espécies com tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação da mistura de Dicamba + Glyphosate. Não houve interação entre estágio de desenvolvimento e tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação. Nota-se também que a interação tripla foi significativa. Para melhor entendimento dos resultados serão apresentadas as interações duplas dos fatores envolvidos no experimento. O experimento apresentou média variabilidade experimental ($10\% < CV < 20\%$), conforme Pimentel-Gomes (2000).

Tabela 11 - Quadro da análise de variância (ANOVA), para a interação entre espécies de plantas, estágio de desenvolvimento e intervalo de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Pr>FC
Espécies	2	137043,10	68521,55	0,0000
Estágio	1	9324,01	9324,01	0,0000
Precipitação	5	2010,99	402,19	0,0000
Espécie*Estágio	2	27924,34	13962,17	0,0000
Espécies*Precipitação	10	1145,63	114,56	0,0469
Estágio*Precipitação	5	55,24	11,04	0,9686
Espécie*Estágio*Precipitação	10	2282,59	228,25	0,0001
erro	180			

CV (%) = 11,19
Média geral de controle (%) = 69,29

Na Figura 41, está apresentada a média geral do controle aos 35 DAA da aplicação de Dicamba + Glyphosate em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas. Observa-se que as plantas de *Glycine Max* L. foram as que apresentaram maior porcentagem de controle (98%) seguidas por *Amaranthus* spp (74%) e *Commelina benghalensis* L. (36%) Isso ocorre devido à grande sensibilidade que a plantas de soja apresentam aos mimetizadores de auxina, principalmente aos produtos à base de dicamba (SOLOMON e BRADLEY, 2014; JOHSON et al. 2012). Essa sensibilidade foi verificada no presente trabalho (Figura 42) aos 3 DAA, onde as plantas de *Glycine max* L. já apresentavam sinais de epinastia e amarelecimento das folhas, evoluindo para controle satisfatório aos 21 DAA. Já a dificuldade de controle das plantas de *Commelina benghalensis* L. pode ser explicada pela tolerância que essa planta apresenta ao herbicida glyphosate, não sendo sensível a enzima EPSPs

(SANTOS et al, 2001). Na Figura 43 a planta apresenta poucos sinais e dificuldade de controle.

Entre os dois estágios de desenvolvimento das plantas, verifica-se diferença significativa, com maior controle para o estágio inicial E1 (78%) quando comparado com o estágio final (E2) (63%). Plantas daninhas em pós-inicial manifestam uma maior quantidade de tecidos meristemáticos, e conseqüentemente uma maior atividade biológica quando comparadas com plantas adultas, sendo assim, mais susceptíveis aos herbicidas (OLIVEIRA JUNIOR et al, 2011). Na Figura 44, observa-se essa diferença até mesmo para as plantas de *Commelina benghalensis* L., que no estágio inicial (6 folhas) apresentaram sintomas de controle mais evidente, como, seca das folhas e necrose do caule.

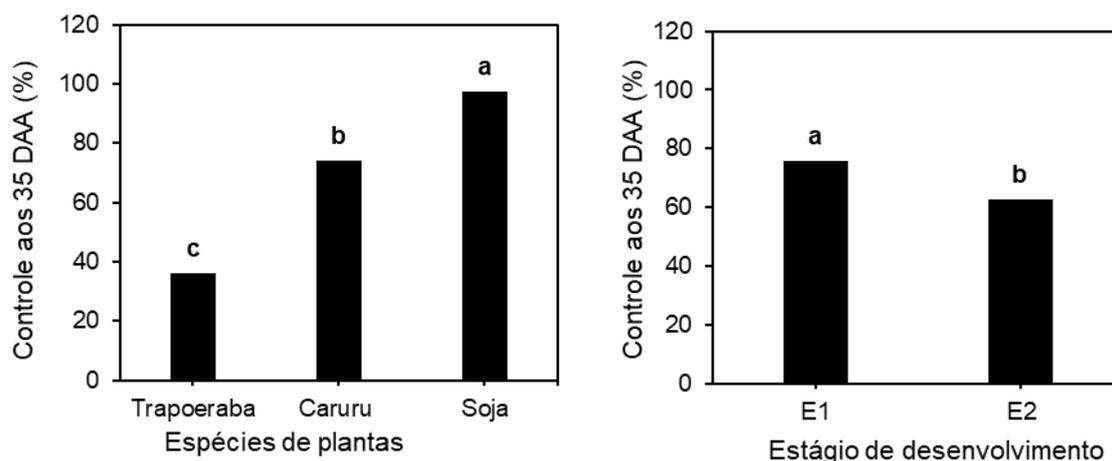


Figura 41 - Média geral do controle aos 35 DAA da aplicação de Dicamba + Glyphosate em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($P < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).



Figura 42 - Sensibilidade das plantas de *Glycine max* L. a mistura de Dicamba + Glyphosate: 3 dias após a aplicação da mistura (A); 21 dias após a aplicação da mistura (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

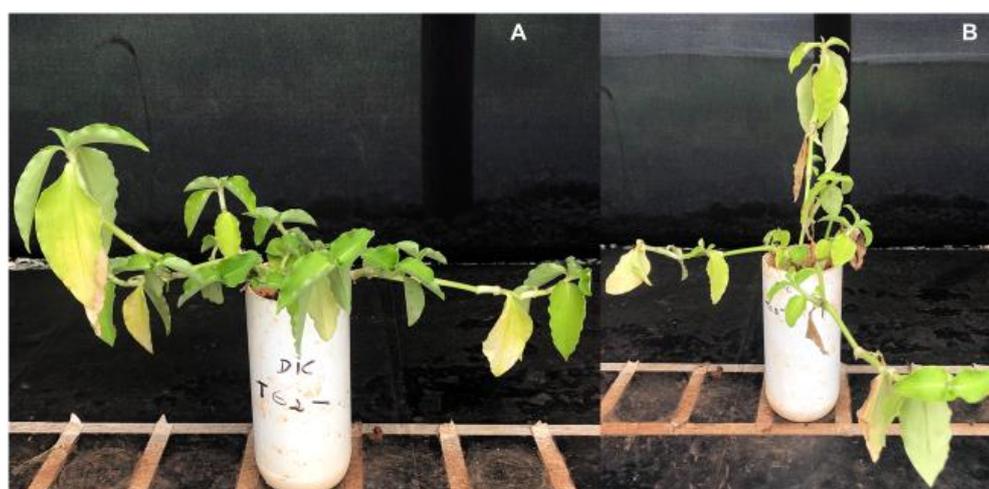


Figura 43 - Dificuldade de controle apresentada pela espécie de *Commelina benghalensis* L.: Testemunha sem aplicação dos herbicidas (A); Planta aplicada (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

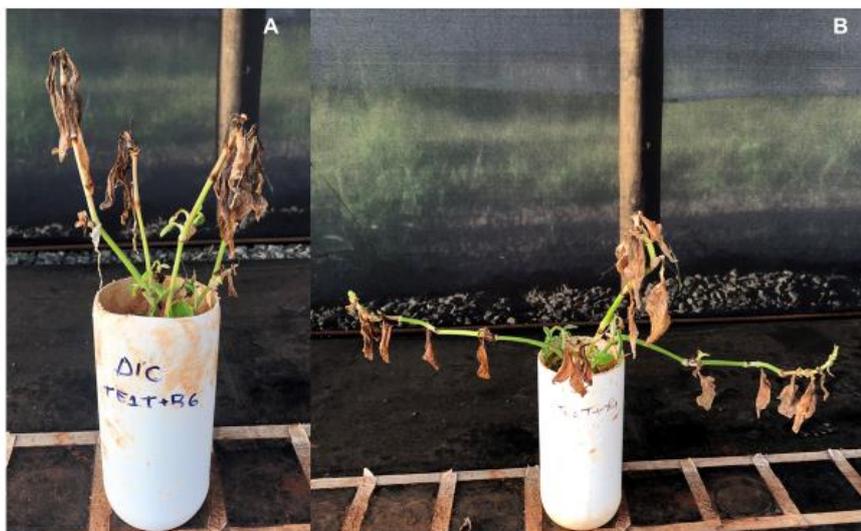


Figura 44 - Controle de *Commelina benghalensis* L. em diferentes estágios de desenvolvimento. Estágio inicial (E1) (A) e Estágio final (E2). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

Na figura 45 está apresentado o controle em geral das espécies de plantas aos 35 DAA, em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate. Em geral, quando comparado com a testemunha a eficácia de mistura de Dicamba + Glyphosate foi diminuída para todos os tratamentos que ocorreu precipitação após a aplicação. É possível observar que o controle das espécies atingiu média muito próxima em todos os intervalos da ocorrência de precipitação analisados, já que para 5 minutos o controle foi de 64% e para 240 minutos 74%. Assim, a mistura de Dicamba + Glyphosate apresenta redução significativa de eficiência na ocorrência de precipitação até 60 minutos, necessitando de intervalos superiores a 120 minutos sem presença de precipitação, para que se tenha total absorção dos herbicidas e promover um controle excelente (> 91%) das plantas.

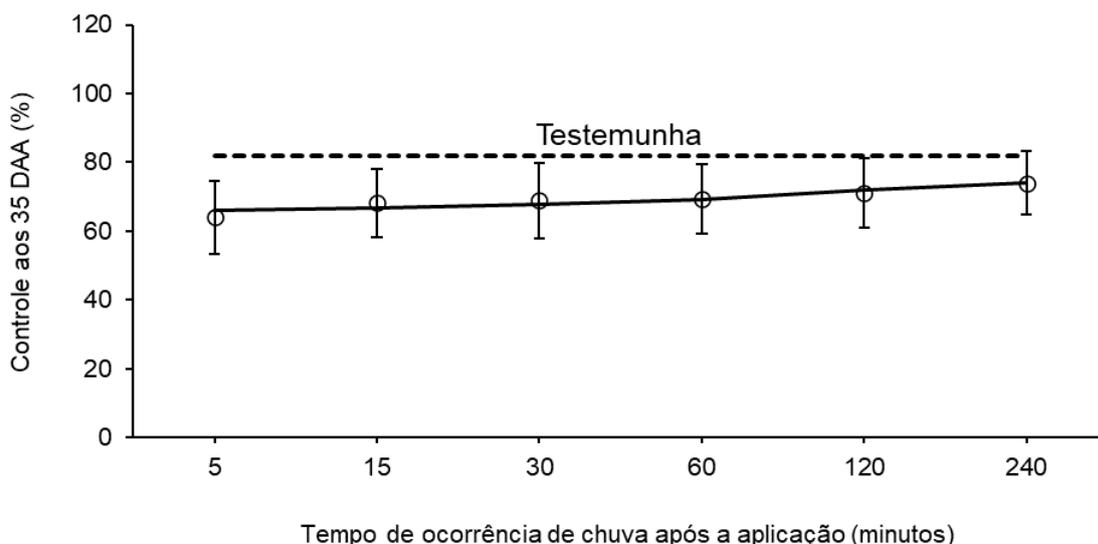


Figura 45 - Média geral do controle aos 35 DAA em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate. As barras representam o Intervalo de Confiança (IC_{95%}).

O controle aos 35 DAA em função da interação das espécies e o estágio de desenvolvimento das plantas em geral com a aplicação de Dicamba + Glyphosate está apresentado na Figura (46). Observa-se que o *Amaranthus* spp quando se encontrava no estágio E1, apresentou um controle excelente de 97% mesmo quando submetido a precipitação. Esse fato pode ser considerado devido a maior sensibilidade das plantas quando se encontram no estágio E1 e também pelo menor índice de área foliar. Já para o estágio E2 a ocorrência de precipitação levou a uma redução da eficiência da mistura de Dicamba + Glyphosate, atingindo um controle máximo de 52%. Ao estudar a eficiência da mistura de Dicamba + Glyphosate, sem presença de precipitação após a aplicação, Joseph et al. (2017) observaram elevadas taxas de controles para as plantas de *Amaranthus* spp em estágio de florescimento.

Para as plantas de *Glycine max* L., verifica-se que a ocorrência de precipitação após a aplicação não reduziu a eficiência de controle da mistura de Dicamba + Glyphosate, atingindo um controle excelente para os dois estágios de desenvolvimento (Figura 47). Resultados semelhantes aos observados no presente trabalho, foram relatados por Theodoro et al. (2018), que ao utilizar o herbicida Dicamba (480 g L⁻¹ i.a.) de forma isolada e sem presença de precipitação, atingiram um controle de 100% aos 14 DAA. Esse fato demonstra

que para plantas de *Glycine max* L., independente do estágio a ação dos herbicidas Dicamba + Glyphosate não é afetada pela ocorrência de precipitações.

No caso de *Commelina benghalensis* L., foi observado que a ocorrência de precipitações após a aplicação afetou de forma mais intensa a eficiência da mistura de Dicamba + Glyphosate, atingindo baixas porcentagens de controle, independente do estágio de desenvolvimento das plantas. Jakelaitis et al, (2001) mencionam que a ocorrência de precipitação de até 2 horas após aplicação do herbicida Roundup Transorb, causa uma redução no potencial de controle. Em contrapartida, sem a ocorrência de precipitação, Osipe et al. (2017), verificaram controle de 100% das plantas de *Commelina benghalensis* L. nos estágios de 4 a 6 folhas e 10 a 12 folhas.

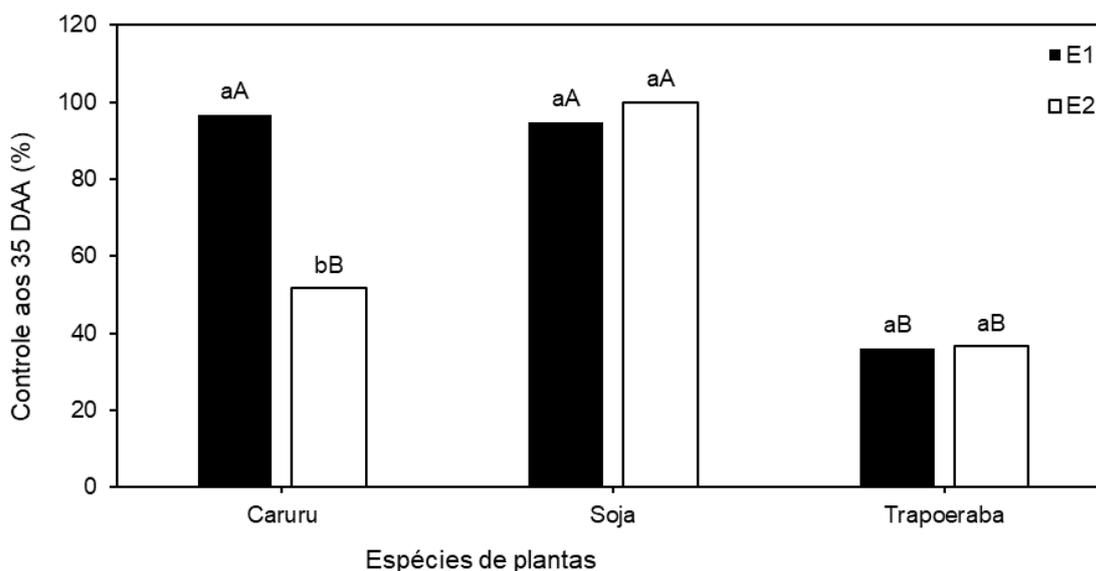


Figura 46 - Controle aos 35 DAA em função das espécies e do estágio de desenvolvimento das plantas após a aplicação de Dicamba + Glyphosate. Letras diferentes apresentam diferença significativa entre as espécies pelo teste SNK ($p < 0,05$) e estágio de desenvolvimento das espécies pelo teste t ($p < 0,05$).



Figura 47 - Controle das plantas de *Glycine max* L. em diferentes estágios de desenvolvimento. Estágio inicial (E1) e Estágio final (E2). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

Na Figura 48 está apresentado a média de controle aos 35 DAA em função das espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação. Verifica-se que as plantas de *Glycine max* L. apresentaram um controle excelente independente do tempo em que ocorreu a precipitação após a aplicação. Embora tenha apresentado uma pequena redução na eficiência da mistura, nos dois períodos iniciais, os demais tratamentos atingiram 100% de controle. Já para as plantas de *Amaranthus* spp foi observado um controle muito bom (81% a 90%) de 82% apenas no intervalo de 240 minutos sem a ocorrência de precipitação, evidenciando uma maior dificuldade de controle.

As plantas de *Commelina benghalensis* L., apresentaram as menores porcentagens de controle, alcançando o máximo de 41% de controle. A tolerância dessa planta apresentada ao herbicida glyphosate, e a ocorrência de precipitação após a aplicação são fatores que contribuíram para o baixo controle. Esses fatores são verificados na figura (49), onde a planta testemunha que não recebeu influência da precipitação apresenta maior controle quando comparada com a que recebeu, porém, não foi observado controle satisfatório para os dois tratamentos, evidenciando o fator tolerância.

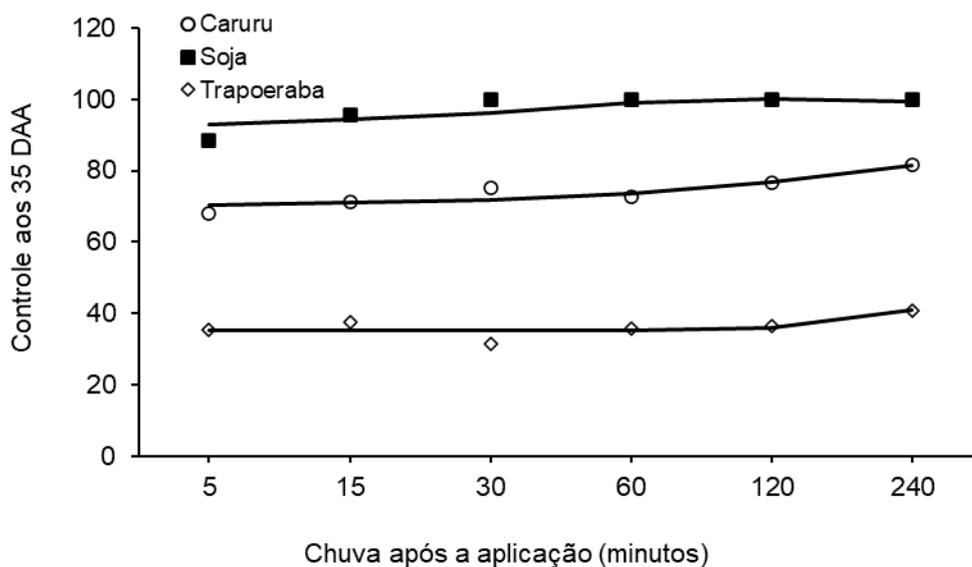


Figura 48 - Controle aos 35 DDA em função das espécies e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.

Tabela 12 - Equações e coeficiente de determinação R^2 para a porcentagem de controle das espécies em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.

Espécie	Equação	R^2 (%)	p-valor
<i>Amarathus spp</i>	$y = 69,95 + 0,068x - 0,000083x^2$	84,21	0,05
<i>Glycine max L.</i>	$y = 92,30 + 0,138x - 0,000453x^2$	59,12	0,05
<i>Commelina benghalensis L.</i>	$y = 35,28 - 0,010x + 0,000141x^2$	57,49	0,05



Figura 49 - Comparação de injúrias visuais entre as plantas de *Commelina benghalensis* L.: Tratamento sem ocorrência de precipitação após a aplicação (A); Tratamento com ocorrência de precipitação 5 minutos após a aplicação (B). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

Na Figura 50 está apresentado o controle aos 35 DAA em função do estágio de desenvolvimento e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate. É possível observar que não há diferença significativa na interação entre o estágio de desenvolvimento das plantas e a ocorrência de precipitação após a aplicação, pois as curvas de controle se comportam de maneira linear, apresentando médias de controle próximas em todos os tratamentos. Este fato, foi constatado, visualmente, nas plantas de *Commelina benghalensis* L. em estágio (E2) (Figura 51), que apresentam uma uniformidade nos sintomas causados pela mistura de Dicamba + Glyphosate.

Em ambos os estágios de desenvolvimento não ocorreu um controle excelente das plantas, com destaque para o estágio inicial, que apresentou um melhor controle, atingindo uma média de 80%. Deste modo, intervalos superiores a 240 minutos sem ocorrência de precipitação são necessários para se ter um controle excelente das plantas.

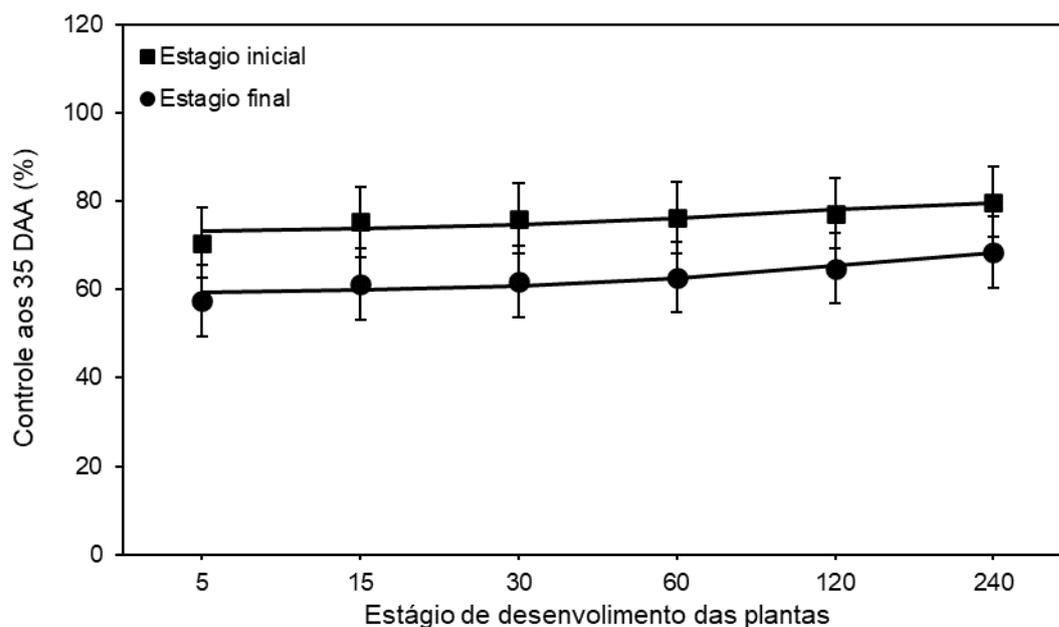


Figura 50 - Controle aos 35 DAA em função do estágio de desenvolvimento das plantas e do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação de Dicamba + Glyphosate.

Tabela 13 - Equações e coeficiente de determinação R^2 para estágio de desenvolvimento das plantas em função da ocorrência de precipitação após a aplicação.

Estágio	Equação	R^2 (%)	p-valor
Inicial (E1)	$y = 72,81 + 0,061x - 0,000138x^2$	73,15	0,05
Final (E2)	$y = 58,88 + 0,069x - 0,000126x^2$	91,05	0,05



Figura 51- Curva de controle das plantas de *Commelina benghalensis* L. no estágio E2 em função do tempo de ocorrência de precipitação após a aplicação. (Sequência dos vasos: Testemunha; T+; T1; T2; T3; T4; T5; T6). **Foto:** Theodoro, J.G.C. (2020).

5 Conclusão

A eficiência de controle das misturas dos herbicidas 2,4-D + Glyphosate e Dicamba + Glyphosate são dependentes do tempo de ocorrência da precipitação após a aplicação, espécie de planta que se encontra no local e estágio de desenvolvimento das espécies.

É necessário um período acima de quatro horas sem ocorrência de precipitação após a aplicação, para que as misturas dos herbicidas 2,4-D + Glyphosate e Dicamba + Glyphosate não apresentem redução no controle das espécies de plantas.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F.S.; GAZZIERO, D.L.; VOLL, E. **Interferência da infestação de plantas voluntárias no sistema de produção com a sucessão soja e milho safrinha**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION. **Soy stats - International: World Soybean Exports**. 2020. Disponível em: <<http://soystats.com>>. Acesso em: 1 jul. 2020.

ANAY CURY. **Transgênicos são 93% da área plantada com soja, milho e algodão**. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2016/08/transgenicos-sao-93-da-area-plantada-com-soja-milho-e-algodao.html>

ANDERSON, D. M.; SWANTON, C. J.; HALL, J. C.; MERSEY, B. G. The influence of soil moisture, simulated rainfall and time of application on the efficacy of glufosinate-ammonium. **Weed Research**, v. 33, n. 2, p.149-160, abr. 1993.

ANDRADE JÚNIOR, E.R. et al. **Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso**. Circular Técnica IMA-MT, n.19, p. 1-8, 2015

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

BECKIE, H. J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**, [s.l.], p.1037-1048, 2011

BISH, M. D. et al. Dicamba Losses to Air after Applications to Soybean under Stable and Nonstable Atmospheric Conditions. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, n. 6, p.1675-1682, nov. 2019. Wiley.

BOND, J. A.; WALKER, T. W. Control of volunteer glyphosate-resistant soybean in rice. **Weed Technology**, Lawrence, v. 23, n. 2, p. 225-230, 2009.

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

CARVALHO, L. B. **Herbicidas: mecanismo de ação e uso**. Lages - Sc: Edição do Autor, 2013.

CARVALHO, S. J. P.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 317-326, 2008.

CHAHAL, P. S. et al. Growth Stage Affects Dose Response of Selected Glyphosate-Resistant Weeds to Premix of 2,4-D Choline and Glyphosate (Enlist Duo™ Herbicide*). **Journal of Agricultural Science**, [s.l.], v. 7, n. 11, p.1-10, 15 out. 2015. Canadian Center of Science and Education

COBB, A. H. et al. **Herbicides and Plant Physiology, Second Edition**. 2. ed. Londres: Wiley-blackwell, 2010.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2019/2020 – Oitavo levantamento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 1 jul. 2020.

COSTA, N. V. DA; MARTINS, D.; COSTA, A. C. P. R. DA; CARDOSO, L. A. Eficácia do glyphosate e 2,4-d no controle de espécies de trapoerabas (*Commelina* spp.) **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, 12 Aug. 2011.

CRUZ, D. L. S. **Levantamento de plantas daninhas em área rotacionada com asculturas da soja, milho e arroz irrigado no cerrado de Roraima**. Nota Técnica. v. 3, n. 1, p. 58-63, 2009.

DAN, H.A.; PROCÓPIO, S.O.; BARROSO, A.L.; DAN, L.G.M.; OLIVEIRA NETO, A.M.; GUERRA, N. Controle de plantas voluntárias de soja com herbicidas utilizados em milho. **Agrária**, v.6, n.2, p.253- 257, 2011^a

DAN, H. A. et al. Controle Químico de plantas voluntárias de soja Roundup Ready®. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 96-101, dez. 2009

DAVIS, A. M. et al. Environmental impacts of irrigated sugarcane production: Herbicide run-off dynamics from farms and associated drainage systems.

Agriculture, Ecosystems & Environment, [s.l.], v. 180, p.123-135, nov. 2013. Elsevier BV.

DE SOUZA, R.S. **Organismos geneticamente modificados: ética, ciência, poder e interesse**. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p.319-325, 2008. Wiley.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **História da soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 03 mar. 2020.

FENG, P. C. C.; SANDBRINK, J. J.; SAMMONS, R. Douglas. Retention, Uptake, and Translocation of ¹⁴C-Glyphosate from Track-Spray Applications and Correlation to Rainfastness in Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*)¹. **Weed Technology**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.127-132, jan. 2000.

FRANCISCHINI, A.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R. S.; TAKANO, H. K.; MENDES, R. R. Multiple-and Cross-Resistance of *Amaranthus retroflexus* to Acetolactate Synthase (ALS) and Photosystem II (PSII) Inhibiting Herbicides in Preemergence. **Planta Daninha**, 37, 2019.

GALLI, A.J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos do herbicida glyphosate na agricultura**. Santo André: ACADCOM; 2005. 61

GANNON, T. W.; YELVERTON, F. H. Effect of Simulated Rainfall on Tall Fescue (*Lolium arundinaceum*) Control with Glyphosate. **Weed Technology**, [s.l.], v. 22, n. 3, p.553-557, set. 2008. Cambridge University Press (CUP).

GRUNEWALD, W.; FRIML, J. The march of the PINs: developmental plasticity by dynamic polar targeting in plant cells. **EMBO J.**, v. 29, p. 2700-2714, 2010.

HETHERINGTON, P. R. et al. Absorption and efflux of glyphosate by cells suspensions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, n. 320, p. 527-533, 1998.

HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.

JACHETTA, J. J.; APPLEBY, A. P.; BOERSMA, L. Apoplastic and symplastic pathways of atrazine and glyphosate transport in shoots of seedling sunflower. **Plant Physiol.**, v. 82, p. 1000-1007, 1986.

JAKELAITIS, A. et al. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.279-285, ago. 2001.

JOHNSON, V.A., L.R. Fisher, D.L. Jordan, K.E. Edmisten, A.M. Stewart and A.C. York. 2012. Cotton, peanut, and soybean response to sublethal rates of dicamba, glufosinate, and 2,4-D. **Weed Technol.** 26:195-2006

JOSEPH, Dwayne D.; MARSHALL, Michael W.; SANDERS, Colton H.. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.) and Pitted Morningglory (*Ipomoea lacunosa* L.) Control in Dicamba Tolerant Soybean (*Glycine max* L.). **American Journal Of Plant Sciences**, [s.l.], v. 08, n. 13, p. 3429-3442, 2017. Scientific Research Publishing, Inc.. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2017.813230>.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2ª edição, v. I. São Paulo, SP: BASF Brasileira S.A., 825 p., 1997.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1999. v.2, 978 p.

KLEINE-VEHN, J. et al. Subcellular trafficking of the *Arabidopsis* auxin influx carrier AUX1 uses a novel pathway distinct from PIN1. **The Plant Cell**, Rockville, v.18, n.11, p.3171-3181, 2006.

KRUGER, G.R. et al. Control of Horseweed (*Conyza canadensis*) with Growth Regulator Herbicides. **Weed Technology**, [s.l.], v. 24, n. 4, p.425-429, dez. 2010

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 139-146, ago. 2000.

LJUNG, K. et al. Sites and regulation of auxin biosynthesis in Arabidopsis roots. **Plant Cell**, v. 17, p. 1090-1104, 2005. 62

MACIEL, C.D.G.; POLETINE, J.P.; AMSTALDEN, S.L.; GAZZIERO, D.L.P.; RAIMOND, M.A.; LIMA, G.R.G.; OLIVEIRA NETO, A.M.; GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, ervade-touro e capim-carrapicho em soja RR®. **Revista Ceres**, v.58, n.1, p.35-42, 2011

MARCHI, S. R. et al. Associações entre glifosato e herbicidas pós-emergentes para o controle de trapoeraba em soja RR®. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 23-30, abr. 2013. ISSN 2236-1065

MARTINI, G. et al. Eficácia do herbicida glifosato-potássico submetido à chuva simulada após a aplicação. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2003. FapUNIFESP

MERVOSH, T.L.; BALKE, N.E. Effects of calcium, magnesium and phosphate on glyphosate absorption by cultured plant cells. **Weed Science**, Champaign, v.39, n.3, p. 347-353, 1991.

MORIN, F. et al. Glyphosate uptake in *Catharanthus roseus* cells: role of a phosphate transporter. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 58, p. 13-22, 1997.

MONQUERO, P. A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 22, n. 3, p. 445-451, set. 2004.

MUELLER, Thomas C; STECKEL, Lawrence e. Spray mixture pH as affected by dicamba, glyphosate, and spray additives. **Weed Technology**, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 547-554, ago. 2019. Cambridge University Press (CUP)

NANDULA, V. K.; MOLIN, W.T.; BOND, J. A. Influence of Water Quality, Formulation, Adjuvant, Rainfastness, and Nozzle Type on Efficacy of Fomesafen on Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Control. **American Journal Of Plant Sciences**, [s.l.], v. 09, n. 08, p.1660-1676, 2018. Scientific Research Publishing.

NETTO, A. G.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; BORGATO, E. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPS inhibiting herbicides in the state of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 581-587, 2016.

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, n., p.1107-1116, 2010. FapUNIFESP (SciELO).

OLIVEIRA, Rone Batista de. Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas. 2011. x, 121 f. **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2011.

OSIPE, Jethro; Júnior, Rubem; CONSTANTIN, J.; Takano, Hudson; BIFFE, D.F.. (2017). Spectrum of weed control with 2,4-D and dicamba herbicides associated to glyphosate or not. **Planta Daninha**. 35.

OSIPITAN, O. A.; J. E. SCOTT; S. Z. KNEZEVIC. Glyphosate-Resistant Soybean Response to Micro-Rates of Three Dicamba-Based Herbicides. **Agrosystems, Geosciences & the Environment**, 2019.

PALMA-BAUTISTA, C.; TORRA, J.; GARCIA, M. J.; BRACAMONTE, E.; ROJANO-DELGADO, A. M.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; DE PRADO, R. Reduced absorption and impaired translocation endows glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri* harvested in glyphosate-resistant soybean from Argentina. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67 n. 4, p.1052-1060, 2019.

PANNACCI, E. et al. Effect of adjuvants on the rainfastness and performance of tribenuron-methyl on broad-leaved weeds. **Weed Biology And Management**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.126-131, 3 jun. 2010

PEDRINHO JÚNIOR, A.F.F. et al. Momento da chuva após a aplicação e a eficácia dos herbicidas sulfosate e glyphosate aplicados em diferentes formulações. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 115-123, abr. 2002 63

PENCKOWSKI, L.H., ROCHA, D.C. **Guia ilustrado de identificação e controle de espécies de trapoerabas**. Castro: Fundação ABC, 2006.

PETERSON, M. A. et al. 2,4-D Past, Present, and Future: A Review. **Weed Technology**, v. 30, n. 2, p.303-345, jun. 2016. Cambridge University Press

PIRES; N.M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após a simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico**. Viçosa: 1998. 100p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998

PIRES; N.M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após a simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico**. Viçosa: 1998. 100p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998

QUEIROZ, A.R.S.; VIDAL, R. O desenvolvimento de culturas tolerantes ao herbicida diclorofenoxiacetato: revisão de literatura. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p.649-654, 2014.

RIAR, M. K.; CARLEY, D. S.; ZHANG, C.; SCHROEDER-MORENO, M. S.; JORDAN, D. L.; WEBSTER, T. M.; RUFTY, T. W. Environmental influences on growth and reproduction of invasive *Commelina benghalensis*. **International Journal of Agronomy**, 2016.

ROBINSON, An. P. et al. Summer Annual Weed Control with 2,4-D and Glyphosate. **Weed Technology**, v. 26, n. 4, p.657-660, dez. 2012. Cambridge University Press (CUP).

ROCHA, D.C. et al. Efeito de herbicidas sobre quatro espécies de trapoeraba. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 359-364, 2007

ROMAN, E. S. Influência de chuva simulada na eficácia de diferentes formulações e doses de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, n. 3, p.119-124, 10 dez. 2001.

ROMAN, Scherer Roman; VARGAS, Leandro; RIZZARDI, Mauro Antonio; HALL, Linda; BECKIE, Hugh; WOLF, Thomas. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação** / Editado por Erivelton Scherer Roman, Leandro Vargas. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2005.

SAAD, O. **A vez dos herbicidas**. 2a Ed., São Paulo, Editora Nobel S.A., 1978, 267p.

SANCHOTENE, D.M.; DORNELLES, S.H.B.; DEBORTOLI, M.P.; CAPITANIO, Jr.; MEZZOMO, R.F.; GONÇALVES, R.A. Influência de sais e do pH da água na eficiência de imazethapyr + imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 415-419, 2007

SANTOS, I.C.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, L.D.T.. Eficiência do 2,4-D aplicado isoladamente e em mistura com glyphosate no controle da trapoeraba. **Planta Daninha**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 299-309, ago. 2002

SANTOS, L. D. T. et al. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p.101-107, mar. 2004.

SCHWARTZ-LAZARO, L. M. et al. Comparison of Simulated Drift Rates of Common ALS-Inhibiting Rice Herbicides to Floryprauxifen-Benzyl on Soybean. **International Journal of Agronomy**, v. 2017, p. 1–5, 2017.

SEDYAMA, T.; SILVA, F.; BÓREM, F. **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa, MT: Ed. UFV, 2015.

SHAW, W.C. Integrated weed management systems technology for pest management. **Weed Science**, v.30, p. 2-12, 1982. 64

SMITH, R.F. Pesticides: their use and limitations in pest management. In: **Concepts of Pest Management** (e.d R.L. Rabb and F.E. Guthrie). North Carolina State University Raleigh. 1970.

SOARES, D.j.; OLIVEIRA, W.s.; LÓPEZ-OVEJERO, R.f.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Control of glyphosate resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) with dicamba and 2,4-D. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p.401-406, jun. 2012

SOJA. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, Brasília, DF, v. 6, n. 12, p. 23, set. 2019. Safra 2018/19, décimo segundo levantamento. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
Acesso em: 09 mar. 2020.

SOLOMON, Craig B.; BRADLEY, Kevin W.. Influence of Application Timings and Sublethal Rates of Synthetic Auxin Herbicides on Soybean. **Weed Technology**, [S.L.], v. 28, n. 3, p. 454-464, set. 2014. Cambridge University Press (CUP).

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P. H. Weed Control in Dicamba-Resistant Soybean with Glyphosate/Dicamba Applied at Various Doses and Timings. **International Journal of Agronomy**, v. 2020, p.1-6, 12 fev. 2020.

SOSNOSKIE, L. M. et al. Evaluating the Volatility of Three Formulations of 2,4-D When Applied in the Field. **Weed Technology**, v. 29, n. 2, p.177-184, jun. 2015. Cambridge University Press (CUP).

SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. Tecnologia na aplicação de herbicidas. In: SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. (Eds.). **Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 41-53

SOUZA, G.S.F; MARTINS, D; PEREIRA, M.R.R. Efeito da chuva na eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre corda-de-viola. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p.175-184, mar. 2013.

SOUZA, G. S. F. et al. Action of rain on the efficiency of herbicides applied post-emergence in the control of *Senna obtusifolia*. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 550-557, Sept. 2014.

SYMONDS, B. L. (2017) **Investigating water-soluble polymers as rainfastness adjuvants for agrochemicals**. PhD thesis, University of Reading

SYMONDS, B. L. et al. Rainfastness of Poly (vinyl alcohol) Deposits on Vicia faba Leaf Surfaces: from laboratory-scale washing to simulated rain.: From Laboratory-Scale Washing to Simulated Rain. **Acs Applied Materials & Interfaces**, v. 8, n. 22, p. 14220-14230, 26 abr. 2016

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, n. 1, p. 1-13, abr. 2013

THACKER, J. R. M.; YOUNG, R. D F. The effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. **Pestic Sci** 55:198-200,1999.

THEODORO, José Gabriel Castilho; OLIVEIRA, Guilherme Mendes Pio de; SANTOS, Éllen Stephanny Tanaka dos; PADUAN, Fernanda Neves; ALBERTI, Rubiane Pellozo; LOFRANO, Luis Gustavo; OSIPE, Jethro Barros. Herbicidas utilizados em milho no controle de soja voluntária. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.L.], v. 17, n. 4, p. 616, 10 dez. 2018

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. P., FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C.; COSTA, B. O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal

em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Controle de plantas daninhas em pomares**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2003. 9 p. 65

VATS, S. Herbicides: History, Classification and Genetic Manipulation of Plants for Herbicide Resistance. **Sustainable Agriculture Reviews**, [s.l.], p.153-192, 27 ago. 2014. Springer International Publishing.

WANG, C.J.; LIU, Z.Q. Foliar uptake of pesticides: presente status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.87, p.1-8, 2007. WARD, S. M. et al. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*): A Review. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p.12-27, mar. 2013. Cambridge University Press (CUP)

WEBSTER, T. M. et al. Tropical Spiderwort (*Commelina benghalensis*): A Tropical Invader Threatens Agroecosystems of the Southern United States. **Weed Technology**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.501-508, set. 2005. Cambridge University Press (CUP).

YOUNG, B.G.; RUNDLE, M.F.; WALTERS, S.A. Efficacy of postemergence corn and soybean herbicides on volunteer horseradish (*Armoracia rusticana*). **Weed Technology**, v.21, n.2, p.501-505, 2007.

VATS, S. Herbicides: History, Classification and Genetic Manipulation of Plants for Herbicide Resistance. **Sustainable Agriculture Reviews**, [s.l.], p.153-192, 27 ago. 2014. Springer International Publishing.

WANG, C.J.; LIU, Z.Q. Foliar uptake of pesticides: presente status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.87, p.1-8, 2007. WARD, S. M. et al. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*): A Review. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p.12-27, mar. 2013. Cambridge University Press (CUP)

WEBSTER, T. M. et al. Tropical Spiderwort (*Commelina benghalensis*): A Tropical Invader Threatens Agroecosystems of the Southern United States. **Weed Technology**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.501-508, set. 2005. Cambridge University Press (CUP).

YOUNG, B.G.; RUNDLE, M.F.; WALTERS, S.A. Efficacy of postemergence corn and soybean herbicides on volunteer horseradish (*Armoracia rusticana*). **Weed Technology**, v.21, n.2, p.501-505, 2007.