

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

Felipe Alves Nunes

Efeitos do custo adaptativo na germinação de biótipos de *Digitaria insularis* (L.) Fedde resistentes a herbicidas

ARARAS-SP

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

Efeitos do custo adaptativo na germinação de biótipos de *Digitaria insularis* (L.) Fedde resistentes a herbicidas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente

Orientador (a): Profa. Dra. Patrícia Andrea Monquero
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva

ARARAS-SP

2023

Efeitos do custo adaptativo na germinação de biótipos de *Digitaria insularis* (L.) Fedde resistentes a herbicidas / Felipe Alves Nunes ...[et al.]. -- 2023. 56f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Patrícia Andrea Monquero
Banca Examinadora: Ana Lígia Giraldele, Douglas Roberto Bizari, Patricia Andrea Monquero
Bibliografia

1. Capim amargoso. 2. Resistência. 3. Herbicidas. I. Alves Nunes, Felipe. II. Vinicius da Silva, Paulo. III. Ferrari Schedenffeldt, Bruna. IV. Barreta Fransceschetti, Milena. V. Rohrer Pereira, Gabriel. VI. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8 7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Felipe Alves Nunes, realizada em 21/08/2023.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Patricia Andrea Monquero (UFSCar)

Profa. Dra. Ana Ligia Giraldeleli (UEL)

Prof. Dr. Douglas Roberto Bizari (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente.

Sumário

1. Introdução	1
2 Revisão bibliográfica	4
2.1. <i>Digitaria insularis</i> e sua importância	4
2.2. Herbicida inibidor da enzima 5-enolpiruvil-3-shiquimato fosfato sintase (EPSPs).....	7
2.3. Herbicidas inibidores da Acetil coenzima A carboxilase (ACCase)	8
2.4. Resistência – custos financeiros e adaptativos	10
2.5 Objetivos	12
3 Material e métodos	12
3.1 Confirmação da resistência e suscetibilidade – cálculo do fator de resistência (FR)	12
3.2. Custo adaptativo de biótipos resistentes – germinação em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo	16
4. Resultados e Discussão	18
4.1 Confirmação da resistência e cálculo do FR	18
4.2 Custo adaptativo de biótipos resistente quanto a Germinação em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo.....	28
Conclusão.....	36
5 Referências.....	37
6. Apêndices.....	45

Agradecimento

Agradeço a todos que apoiaram na realização deste sonho. À minha família, a Milena Franscechetti e a colegas de trabalho que sempre me instigaram em buscar conhecimento para me aprimorar pessoalmente e profissionalmente. Ao amigo Gabriel Pereira pela ajuda desde a idealização e realização do trabalho. A Bruna Ferrari pela ajuda na tabulação, correção e conselhos. A Profa. Dra. Patrícia Andrea Monquero e meu coorientador Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva por creditarem a mim esta missão e toda ajuda durante a realização do trabalho, tabulação dos dados e escrita. A Corteva Agriscience empresa da qual faço parte, agradeço pela confiança e por esse investimento de tempo a mim dado. Agradeço também a Universidade Federal de São Carlos e todo seu corpo docente pelo conhecimento obtido. A Universidade Federal da Grande Dourados, pelo acolhimento e espaço cedido para realização do trabalho prático e todos os docentes que foram envolvidos: Professor Paulo, Munir, Silvana, Cleberton, Tathiane, Rodrigo e também aos Discentes envolvidos: Daniel, Marlon, Rafael, Lucas, Caio e Gislaine.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001,

RESUMO

EFEITOS DO CUSTO ADAPTATIVO NA GERMINAÇÃO DE BIÓTIPOS DE *DIGITARIA INSULARIS* (L.) FEDDE RESISTENTES A HERBICIDAS

As plantas daninhas podem competir diretamente com as culturas por água, luz e nutrientes. A *Digitaria insularis* (L.) Fedde (capim-amargoso) é uma planta com metabolismo C4 e que, portanto, possui alta eficiência fotossintética em ambientes tropicais. É uma espécie considerada de difícil controle na agricultura devido a perenização, intensa formação de touceiras e a ampla seleção de biótipos resistentes. Este trabalho teve como objetivo testar a hipótese que os biótipos de *D. insularis* com resistência simples ou múltipla aos herbicidas possuem custos adaptativos que influenciam na germinação de suas sementes. Foram realizados dois experimentos, um em casa de vegetação e outro em laboratório. As sementes foram coletadas em Mogi-Mirim-SP e Ponta Grossa-PR, e passaram por um processo de aclimação. Para se determinar o fator de resistência, foi realizado uma curva de dose resposta, aplicando-se isoladamente os herbicidas glifosato e haloxifope-P-metilico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada tratamento, constituído das 9 doses de cada herbicida para cada um dos biótipos, onde D representa a dose recomendada de glifosato (720 g ea/ha) e haloxifope-P-metilico (62,1 g ia/ha), os tratamentos herbicidas foram: 16D, 8D, 4D, 2D, 1D, 1/2D, 1/4D, 1/8D, 1/16D e uma testemunha absoluta sem aplicação de herbicidas. As avaliações de controle (%) foram realizadas aos 14, 28 e 42 dias após a aplicação (DAA) e massa seca de parte aérea (MSPA) aos 100 DAA. O segundo estudo foi realizado para mensurar a taxa de germinação em função da temperatura e fotoperíodo. O delineamento experimental utilizado foi em DIC, com quatro repetições para cada tratamento. Conduzido em câmaras de germinação, em esquema fatorial 6x3, onde o 6 representa as temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e 40°C) e 3 representa os biótipos, em três períodos de luminosidade diferentes 0, 8 e 12 horas. As avaliações ocorreram até 14 DAA, onde foram realizadas as contagens das plântulas saudáveis, apresentando partes do embrião desenvolvidas. Além disso, foi calculada a porcentagem de germinação (G%) e o índice

de velocidade de germinação (IVG). Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativas as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de comparação de médias de Tukey, com 5% de probabilidade. Através da curva de dose resposta foi confirmada a resistência e/ou suscetibilidade dos biótipos para haloxifope-P-metílico e glifosato. Para o estudo de germinação, nota-se que há diferenças entre os fotoperíodos e a necessidade da luz para o desenvolvimento da espécie, entretanto para germinação das sementes não foi um limitante, já a temperatura é primordial para germinação, onde obteve-se diferenças significativas, com destaque para as temperaturas de 25, 30 e 35 °C de maneira geral, entre os biótipos avaliados. No IVG os resultados dos biótipos resistentes (simples e múltipla) apresentam-se superiores ao biótipo suscetível, em todos os fotoperíodos testados.

Palavras-chave: Glifosato, Haloxifope-P-metílico, Capim-amargoso, Resistência

ABSTRACT

Effects of fitness costs on herbicide-resistant *Digitaria insularis* (L.) Fedde germination

Weeds can directly compete with crops for water, light and nutrients. *Digitaria insularis* (L.) Fedde (sourgrass) is a plant with C4 metabolism and, therefore, has high photosynthetic efficiency in tropical environments. It is a difficult-to-control species in agriculture due to the perennialization, intense formation of clumps and the wide selection of resistant biotypes. This work aimed to test the hypothesis that *D. insularis* biotypes with single or multiple resistance to the herbicides have adaptive costs that influence the germination of their seeds. An experiment was carried out in a greenhouse and a second in the laboratory. Seeds were collected in Mogi-Mirim-SP and Ponta Grossa-PR, and underwent an acclimatization process. To determine the resistance factor, a dose-response curve was performed, applying the herbicides glyphosate and haloxyfop-P-methyl separately. The experimental design used was the completely randomized design (CRD), with four replications for each treatment, consisting of 9 doses of each herbicide for each of the biotypes, where D represents the recommended dose of glyphosate (720 g ae/ha) and haloxyfop-P -methyl (62.1 g ai/ha), the rates of the herbicide factor were: 16D, 8D, 4D, 2D, 1D, 1/2D, 1/4D, 1/8D, 1/16D and an absolute control without application of herbicides. The assessments control estimates (%) were at 14, 28 and 42 days after application (DAA) and above ground dry mass (AGDM) at 100 DAA. The second study was carried out to measure the germination percentage as a function of temperature and photoperiod. The experimental design used was the completely randomized design (CRD), with four replications for each treatment. Conducted in germination chambers, in a factorial scheme 6x3, where 6 represents the temperatures (15, 20, 25, 30, 35 and 40°C) and 3 represents the biotypes, in three different periods of luminosity 0, 8 and 12 hours. The evaluations took place up to 14 DAA, where healthy seedlings were counted, showing parts of the embryo developed. In addition, the germination percentage (G%) and the germination speed index (IVG) were calculated. The results were submitted to analysis of variance by the F test, and when significant, the means of the treatments were compared by the Tukey mean comparison test, with 5% probability. Through the dose-

response curve, the resistance and/or susceptibility of the biotypes to haloxyfop-P-methyl and glyphosate was confirmed. For the study of germination, it is noted that there are differences between the photoperiods and the need for light for the development of the species, however for seed germination it was not a limiting factor, since the temperature is primordial for germination, where significant differences were obtained, with emphasis on temperatures of 25, 30 and 35 °C in general, among the evaluated biotypes. In the IVG, the results of the resistant biotypes (simple and multiple) are superior to the susceptible biotype, in all tested photoperiods.

Keywords: Glyphosate, Haloxyfop-P-methyl, Sourgrass, Resistance

1. Introdução

Consideram-se plantas daninhas, toda e qualquer planta que ocorra em local indesejado, competindo por recursos e interferindo com as culturas de interesse, afetando a produtividade e/ou a qualidade do produto (OLIVEIRA et al., 2018). Quanto maior a semelhança entre as espécies de cultivo e as plantas daninhas da área, mais intensa será a competição por recursos do meio e maior será a dificuldade de controle (BARBOSA et al., 2019; RADOSEVICH et al., 1997). Por apresentarem ocorrência espontânea, as plantas daninhas possuem maior variabilidade genética o que garante maior adaptação ao ambiente, comparada as espécies cultivadas (PITELLI, 1985). A ocorrência das mesmas em áreas agrícolas pode reduzir a produtividade das culturas, resultando em prejuízos de até 100% da lavoura, dependendo da espécie, grau de infestação, condições climáticas, estágio da cultura, características das plantas daninhas (DIESEL et al., 2020).

Dentre as plantas daninhas importantes, o gênero *Digitaria* compreende cerca de 300 espécies distribuídas em ambos os hemisférios, sob condições de clima tropical e subtropical (CANTO-DOROW, 2001), sendo que o Brasil apresenta a maior diversidade de espécies do gênero, onde são constatadas 26 espécies nativas e 12 exóticas (MONDO et al., 2010).

A *Digitaria insularis* comumente conhecida como capim-amargoso, capim-flecha, entre outros, é uma planta perene que tem a capacidade de germinar, crescer e se desenvolver praticamente o ano todo, sendo uma das principais plantas daninhas de culturas anuais e perenes da América do Sul (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2017). Uma vez estabelecida, com a formação de rizomas, subsequente formação de touceiras, há o processo de perenização podendo esta planta florescer e disseminar sementes, dificultando o controle dessa espécie (GEMELLI et al., 2013).

Estudos a respeito da mato-competição em diversas culturas, indicam uma correlação inversamente proporcional entre a produtividade e a infestação de plantas daninhas por unidade de área (LUCIO et al., 2019). Braz et al. (2021) demonstram que as perdas na cultura da soja podem chegar a 52,5 e 85,5% quando exposta a populações de 2 e 8 plantas de *D. insularis* m² respectivamente, o experimento foi realizado a campo onde foram avaliados desde 0 plantas até 8 plantas de *D. insularis* por m².

Atualmente há poucos princípios ativos registrados no Brasil para o controle de *D. insularis*. Dois dos mecanismos de ação que apresentam a capacidade de translocar até os rizomas e efetivamente controlar esta espécie são os inibidores da EPSPs (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase) e os da ACCase (acetil-CoA carboxilase), que são frequentemente utilizados em associação (GEMELLI et al., 2013).

O glifosato (inibidor da EPSPs) é o principal herbicida utilizado na atualidade para o manejo das plantas daninhas (LUCIO et al., 2019). Seu uso frequente contribui para a seleção de biótipos de espécies de plantas daninhas resistentes, atualmente são 344 relatos de resistência simples ou múltipla, em 30 países, envolvendo 56 espécies de plantas daninhas (HEAP, 2023). A resistência de plantas daninhas podem ocorrer de três formas, resistência simples é a habilidade de uma planta, cuja a espécie seja suscetível, sobreviver à aplicação de um herbicida de mesmo mecanismo de ação e grupo químico, resistência cruzada é a habilidade de uma planta, cuja a espécie seja suscetível, sobreviver à aplicações de mais de um herbicida de mesmo mecanismo de ação e grupos químicos diferentes e resistência múltipla é a habilidade de uma planta, cuja a espécie seja suscetível, sobreviver à aplicações de herbicidas de mecanismos de ação distintos (CORREIA et al., 2020). Os mecanismos que conferem resistência em *D. insularis* ao glifosato estão relacionados a absorção mais lenta e rápida metabolização do glifosato em AMPA, glioxilato e sarcosina, compostos menos tóxicos, além da translocação do herbicida ser significativamente menor em plantas resistentes do que em suscetíveis, mesmo com 3-4 folhas (CARVALHO et al., 2011).

Uma opção para o controle das monocotiledôneas resistentes ao glifosato é a aplicação de herbicidas inibidores da acetil coenzima A (ACCase), sendo recomendado seu uso em pós-emergência de gramíneas anuais e perenes (CORREIA et al., 2020). Herbicidas como quizalofop, haloxifop-P-metílico, setoxidim e cletodim são ótimas opções de controle para o capim-amargoso (BARROSO et al., 2014). Estes herbicidas atuam em estádios avançados de desenvolvimento em plantas de *D. insularis*, apresentando o sintoma característico de necrose das zonas meristemáticas, devido ao bloqueio da síntese de lipídeos. Após a aplicação de herbicidas inibidores da ACCase em uma touceira de capim-amargoso em pleno florescimento, é possível retirar

facilmente a haste da panícula assim como algumas folhas jovens, demonstrando a sistemicidade destes produtos (GEMELLI et al., 2013).

Com o aumento de casos de resistência a glifosato houve o uso intensivo de herbicidas alternativos, dentre eles os inibidores da ACCase para o controle de monocotiledôneas, causando um crescente número de casos de resistência a este mecanismo (CORREIA et al., 2020). Há no mundo 262 relatos de resistência simples, cruzada e/ou múltipla, à 15 grupos químicos diferentes, para 50 espécies em 45 países. No Brasil a seleção de biótipos de monocotiledôneas resistentes vem aumentando, sendo estes, quatro espécies de gramíneas resistentes a glifosato e seis resistentes a ACCase, destas, três espécies têm resistência múltipla a glifosato e inibidores da ACCase (HEAP, 2023).

Em consequência da resistência há um custo adaptativo (também chamado de custo de resistência ou *fitness cost*) este, pode ser definido como a redução da aptidão da planta em um ambiente livre de herbicidas causado por efeitos pleiotrópicos, podendo ser positivo ou negativo em um determinado ambiente, dependendo do alelo relacionado (VILA-AIUB et al., 2009). Na teoria, espera-se que a resistência a herbicidas venha acompanhada de um custo de adaptação, ou seja na ausência da pressão de seleção por herbicidas, a planta resistente terá um custo energético por apresentar um gene ligado a esta característica (MARIANI et al., 2016). Há considerável interesse em custos de adaptação de resistência a herbicidas, pois isso pode levar a frequências mais baixas de genótipos resistentes em populações de plantas daninhas, quando cessar a seleção a herbicidas podendo identificar estratégias para o manejo destas plantas resistentes (VILA-AIUB et al., 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo testar a hipótese que os biótipos de *D. insularis* com resistência simples ou múltipla aos herbicidas glifosato e haloxifope-P-metilico possuem custos adaptativos que influenciam em sua germinação, portanto, os biótipos suscetíveis possuem vantagens no seu estabelecimento, não havendo pressão de seleção no ambiente.

2 Revisão bibliográfica

2.1. *Digitaria insularis* e sua importância

A *D. insularis* (L.) Fedde (capim-amargoso) é uma das principais plantas daninhas de culturas anuais e perenes da América do Sul (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2017). Nativa das regiões tropicais e subtropicais do continente americano, pode ser encontrada do sul dos Estados Unidos ao norte da Argentina (MACHADO et al., 2008). A maior diversidade de espécies do gênero *Digitaria* spp. é encontrada no Brasil, sendo das 38 espécies constatadas, 26 nativas e 12 exóticas (MONDO et al., 2010). Dentre estas espécies, a *D. insularis*, apresenta grande distribuição geográfica, ocorrendo em diversas regiões favoráveis a agricultura (LORENZI, 2008; MONDO et al., 2010).

Pertence à família Poaceae, possui ciclo perene, metabolismo fotossintético C4, porte herbáceo e ereto, entouceirada e rizomatosa e altura aproximada de 50 a 100 cm (KISSMAN e GROTH, 1999; MACHADO et al., 2006; LORENZI, 2008). As plantas de capim-amargoso podem se reproduzir assexuadamente por formação de rizoma ou sexualmente, produzindo cerca de 41 perfilhos por touceira, com potencial de produzir entre 6,5 a 65 mil sementes (FERREIRA, 2018; FRAGA et al., 2016). A inflorescência é do tipo panícula ramificada e terminal. As panículas são grandes (15 a 30 cm) com coloração branco-prateada, alocadas sobre longas hastes. Facilitando a identificação desta espécie no campo. Fruto do tipo cariopse, que devido as pilosidades e ao leve peso, é facilmente disseminado por animais, insetos e vento (KISSMANN e GROTH, 1997).

Uma vez dispersas, essas sementes podem germinar sob uma ampla faixa de temperatura e intensidade luminosa, contribuindo para a disseminação da espécie (MENDONÇA et al., 2014), preferencialmente temperatura na ordem de 20 e 35°C, com alternância de temperatura (noite-dia). O percentual de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) se reduzem em condições de escuro e temperatura constante, sendo assim mais intensa a germinação das sementes durante a primavera e verão (MONDO et al., 2010). A luz é um fator que pode inibir ou estimular a germinação das espécies vegetais. Segundo Mendonça et al. (2014), quando a luz é um fator determinante para germinação de espécies, estas são denominadas fotoblásticas positivas, ou seja, necessitam da luz para estimulação do processo germinativo e

fotoblásticas negativas são aquelas que não são afetadas pela luz para estimular o processo de germinação. De acordo com Klein e Felipe (1991) sementes de *D. insularis* são fotoblásticas neutras, ou seja, germinam na presença ou ausência de luz.

O banco de sementes de plantas daninhas são a fonte primária de infestações persistentes na maioria dos sistemas de cultivos agrícolas, diante disso, o manejo integrado de plantas daninhas deve ser adotado, sendo fundamental conhecer os fatores que influenciam na germinação para elaborar estas estratégias (EGLEY, 1989; PENFIELD, 2017). Assim, a eficácia de tais práticas de manejo está diretamente associada a todos os fatores que afetam a germinação de sementes e a emergência de plântulas, a temperatura do solo, a variação diurna da temperatura, a umidade do solo, a profundidade que estas sementes se encontram, a luz e o ambiente gasoso do solo podem regular a germinação das sementes e a emergência das plantas daninhas (MERFIELD, 2013; TRAVLOS et al., 2020).

As sementes que estão em profundidade no solo, ou que estão abaixo de uma densa cobertura, tem sua germinação afetada. O fluxo de emergência de *D. insularis* diminui 88% em um solo sob cobertura de palha de milho quando comparado ao solo sem cobertura, isso pode acontecer devido a palha de milho diminuir a temperatura do solo e dificultar a passagem da luz, diminuindo a infestação, uma vez que a temperatura ideal para a germinação de suas sementes está entre 25 e 35 °C e com a presença da palha a temperatura diminui (Gazola et al., 2022).

A emergência das plântulas de *D. insularis* pode ser afetada pela profundidade das sementes no solo. Pyon et al. (1977) demonstraram uma maior porcentagem e maior velocidade de emergência ocorrer quando as sementes se encontram entre 1 e 3 cm de profundidade. De modo geral, o capim-amargoso possui lento crescimento inicial, em torno de 50 dias após a emergência (DAE), ao formar densas touceiras, estas se tornam grandes competidoras por recursos e seu manejo é ainda mais complexo devido à formação de rizomas (ZOBIOLE et al., 2016).

As perdas de rendimento devido a interferência de capim-amargoso podem variar dependendo da cultura, densidade populacional da daninha entre outros fatores. Gazziero et al. (2019), demonstram perdas na cultura da soja, de 600 a 1.100 e 750 a 2.000 kg ha⁻¹, na presença de 5 e 10 touceiras m² respectivamente. Tomazini et al.

(2022), estudaram perdas na cultura do feijão sob diferentes infestações de *D. insularis*, mostrando que na presença de 1 planta m², houve 34% acentuando para 69 % com 12 plantas m² as perdas na produtividade. Cruvinel et al. (2021) demonstram perdas de 445,89 kg ha⁻¹, o que representa 10,95% para cada planta por m² de *D. insularis* presente na lavoura de sorgo.

A maioria das populações infestantes nas lavouras comerciais na América do Sul são resistentes ao glifosato (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2017). Desde o surgimento no Paraguai, as populações resistentes ao glifosato se espalharam para outros países, como Brasil e Argentina por meio de dispersão de sementes ou seleção independente em resposta ao uso intenso de glifosato (TAKANO et al., 2018; HEAP, 2023). Isso se deve ao fato que mais de 90% da área total de soja na América do Sul ser plantada com variedades transgênicas de soja resistente ao glifosato, onde o mesmo é aplicado ao menos três vezes por ano (PETERSON et al., 2018).

Para o controle químico de capim-amargoso existem poucas opções registradas de herbicidas. Em pós-emergência, há registro de poucos mecanismos de ação registrados, restringindo-se a: inibidores da ACCase, EPSPs, FSI (fotossistema I), GS-GOGAT (glutamina sintetase - glutamato sintetase), síntese de carotenoides e da DHP (dhi-diidropteroato sintetase). Destes, são herbicidas sistêmicos capazes de translocarem pela planta os inibidores da EPSPs (glifosato), ACCase (quizalofop, haloxifop-P-metilico, setoxidim, cletodim e clofinafop-propargil) síntese de carotenoides (mesotrione), DHP (dhi-diidropteroato sintetase) (asulam) e mecanismo desconhecido do MSMA (BARROSO et al., 2014; AGROFIT, 2023). O uso de herbicidas de contato é dificultado devido a formação de densas touceiras, que impedem que o herbicida atinja a planta toda, geralmente ocasionando rebrote, por esse motivo são mais eficientes e utilizados herbicidas sistêmicos para o controle de *D. insularis* (ZOBIOLE et al., 2016).

Devido as poucas opções de manejo em pós-emergência e a seleção massal de biótipos resistentes ao glifosato, o uso alternativo de outros herbicidas se fez necessário para manejar gramíneas de difícil controle, dentre eles os inibidores da ACCase, o que fez com que a exposição dessas moléculas aumentasse, causando a seleção de biótipos

resistentes a este mecanismo, ou mesmo resistência múltipla a herbicidas inibidores da EPSPs e ACCase (ADEGAS et al., 2022)

2.2. Herbicida inibidor da enzima 5-enolpiruvil-3-shiquimato fosfato sintase (EPSPs)

Com o avanço da agricultura mundial, a mais eficiente e barata alternativa para o controle das plantas daninhas é a utilização do controle químico, através dos herbicidas. Em decorrência do uso intensivo desse método de controle, alguns problemas podem surgir, tais como: contaminação ambiental, riscos de intoxicação e o surgimento de biótipos resistentes. Estratégias de utilização de mais do que um método de controle associados ou não, são importantes ferramentas para manejar essas espécies (KISSMAN, 1996; AMARAL et al., 2020).

A eficiência de controle utilizando o manejo químico é variável e dependente de fatores como: características físico-químicas do solo (teor de argila, pH, matéria-orgânica, etc.), qualidade da água de aplicação (pH, dureza, salinidade, etc.), condições edafoclimáticas (temperatura, umidade relativa, nebulosidade, etc.), tecnologia de aplicação (vazão, tamanho de gota, velocidade, etc), espécie e estágio de desenvolvimento da planta a ser controlada (MEROTTO JR. et al., 1997; LUCIO et al., 2019).

O glifosato tem como alvo a EPSPs, inibindo o crescimento das plantas sensíveis através de interferência na produção de aminoácidos aromáticos essenciais: triptofano, tirosina e fenilalanina, utilizados para síntese de proteínas (FRANZ et al., 1997). É um herbicida não seletivo, aplicado via foliar, facilmente translocável, provocando a morte do sistema radicular e de estruturas reprodutivas, como rizomas, bulbos e tubérculos. A partir do sétimo dia após aplicação (DAA) do glifosato, são visíveis os sintomas nas plantas, sendo inicialmente o amarelecimento das folhas, seguido de necrose e morte da planta entre 21 a 28 DAA (FERREIRA et al., 2017). Em função de sua rápida e forte adsorção ao solo, permite a semeadura de culturas logo após a aplicação, além disso é um herbicida com rápida decomposição microbiana e perdas por volatilização insignificantes (KRUSE et al, 2000).

Pelas características apresentadas do glifosato (boa eficiência e baixo custo), o herbicida tornou-se muito importante na agricultura. Após a adoção de cultivares de soja

e milho resistentes ao glifosato, oficialmente comercializados no Brasil nos anos safra 2005/06 e 2011/12, respectivamente, o cenário para manejo de plantas daninhas mudou drasticamente, causando impactos para a agricultura (ADEGAS et al., 2022). O excessivo uso do glifosato desestimulou a pesquisa e desenvolvimento de novas moléculas de herbicidas, além disso a pressão de seleção imposta pelo uso contínuo deste herbicida constituiu o processo de seleção de biótipos de espécies de plantas daninhas resistentes no mundo (DUKE, 2018).

Em 1996, foi reportado o primeiro caso de resistência a inibidores da EPSPs no mundo, o caso foi na Austrália em lavouras de trigo e canola e a espécie resistente era o *Lolium rigidum* (azevém). No Brasil, a primeira espécie detectada foi a *Lolium perenne* ssp. *multiflorum* (azevém) em 2003, na cultura do trigo e pomares, seguida da *Conyza bonariensis* (buva) e *Conyza canadenses* (buva), ambas em 2005, em pomares de citrus, soja e milho. Para a *D. insularis* o primeiro caso de resistência ao glifosato foi no Paraguai em 2005, relatos de que havia tal biótipo em lavouras de milho, algodão, soja e girassol (HEAP, 2023). No Brasil o primeiro relato para *D. insularis* foi de resistência simples a glifosato, em 2008, em lavouras de milho e soja, sendo a quarta espécie com relato a este mecanismo de ação. Em 2020, houve o relato do primeiro caso de resistência múltipla (glifosato, fenoxaprope e haloxifope-P-metílico) ocorrido em lavoura de soja (MELO, 2017; HEAP, 2023).

O uso isolado de glifosato, causa falhas no controle de algumas espécies de plantas daninhas (LIMA et al., 2019), fazendo com que alguns agricultores aumentem as doses utilizadas, em relação à recomendada, causando a seleção de plantas daninhas resistentes, entre elas a *D. insularis* (YANNICCARI et al., 2016). Para seu manejo, destaca-se o uso de glifosato associado a herbicidas inibidores da ACCase ou até mesmo a herbicidas pré-emergentes, levando em consideração o estágio fisiológico da planta (CORREIA et al., 2020).

2.3. Herbicidas inibidores da Acetil coenzima A carboxilase (ACCCase)

Os herbicidas inibidores da ACCase foram inseridos no mercado na década de 70, desde então são fortemente utilizados na agricultura mundial para controle de plantas daninhas monocotiledôneas (POWLES e YU, 2010).

A enzima ACCase está envolvida com a síntese de ácidos graxos, esses são componentes importantes da membrana celular e cloroplastos, que podem controlar o que entra e sai da célula (permeabilidade seletiva) além de armazenar energia (TAKANO et al., 2021). Os herbicidas inibidores de ACCase atuam na inibição da enzima, impedindo a ligação da mesma com o CO₂, que posteriormente é transferido para o grupamento acetil-Coa, reação necessária para síntese de lipídios pela planta (TAKANO et al., 2020). Atuando na diminuição e paralisação da produção de ácidos graxos e conseqüentemente, paralisação da síntese de membranas necessárias para o crescimento e multiplicação celular. Essa enzima localiza-se principalmente nos cloroplastos e em tecidos meristemáticos ativos, por esse motivo que os sintomas característicos desses herbicidas aparecem nas zonas de crescimento (TAKANO et al., 2021).

Logo após a aplicação as plantas suscetíveis cessam seu crescimento. Os primeiros sintomas observados são descoloração, necrose e morte das gemas de crescimento, meristemas. Folhas desenvolvidas podem ter coloração arroxeada à avermelhada, sintoma semelhante à deficiência de fósforo (TAKANO et al., 2020; BARROSO e MURATA, 2021).

Os herbicidas inibidores da ACCase apresentam alta especificidade entre herbicida e enzima alvo, característica que favorece a seleção de plantas daninhas resistentes (CASSOL et al., 2019). Os primeiros casos de espécies resistentes aos herbicidas, ocorreram na Austrália e no Reino Unido, relatados nas espécies *Lolium rigidum* Gaudin (azevém) e *Alopecurus myosuroides* Huds (capim-rabo-de-raposa), respectivamente, registrados no ano de 1982. Atualmente há registro de 50 espécies resistentes no mundo. No Brasil, há relatos nove relatos de seis espécies resistentes a ACCase, sendo que o primeiro caso ocorreu no ano de 1997, para a espécie *Urochloa plantaginea* (Link) R.D.Webster (capim-marmelada), em lavouras de soja (HEAP, 2023).

De modo geral, dois mecanismos conferem resistência aos herbicidas inibidores da ACCase. O primeiro é a alteração no local de ação, que ocorre devido a mutação da enzima ACCase. O segundo é metabolização, que permite que a planta metabolize o herbicida em compostos menos tóxicos (DÉLYE, 2005). O mais provável de ocorrer é a

alteração no local de ação, como relatado em várias espécies da família Poaceae (GRONWALD et al., 1992; TARDIF et al., 1993).

A utilização de herbicidas ACCase em mistura de tanque com glifosato ocorre para que haja aumento do espectro de controle de plantas daninhas quando comparado com os mesmos herbicidas aplicados isolados (GEMELLI et al., 2013) e devido à dificuldade de controle de algumas espécies, torna-se fundamental a mistura e/ou aplicação sequencial de herbicidas, como é o caso do capim-amargoso, que é necessário a combinação de herbicidas e a aplicação sequencial para se obter um controle satisfatório (acima de 80%) porém, em casos de plantas perenizadas ou com elevado grau de resistência, o controle torna-se ainda mais difícil (CASSOL et al., 2019). Entretanto, o uso sucessivo desta mistura ou deste sequencial fez com que houvesse a seleção de biótipos de plantas daninhas com resistência múltipla (HEAP, 2023), ressaltando a importância de buscar herbicidas e métodos de controles alternativos.

2.4. Resistência – custos financeiros e adaptativos

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é definida por Christoffoleti e López-Ovejero, (2004) como a capacidade natural e herdável de determinados biótipos, de uma população, sobreviver e se reproduzir após a exposição a doses de herbicidas que seriam letais a indivíduos suscetíveis da mesma espécie.

A primeira constatação de casos de resistência registrado mundialmente ocorreu em 1957, quando foram identificados biótipos de *Daucus carota* L. (cenoura brava) e *Commelina difusa* (trapoeraba), no Canadá e Estados Unidos, respectivamente, resistentes ao herbicida 2,4-D. O aumento do uso de herbicidas como a principal forma de controle de plantas daninhas faz com que cresça os casos de resistência aos herbicidas, pouco mais de 65 anos após o primeiro relato de resistência, há 267 (154 eudicotiledôneas e 113 monocotiledôneas) espécies de plantas daninhas resistentes a 165 diferentes herbicidas, relatadas em 96 culturas e em 72 países. No Brasil, identificaram-se os primeiros casos de resistência no ano de 1993, em plantas de *Euphorbia heterophylla* L. (leiteiro) e *Bidens pilosa* L. (picão-preto), resistentes aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) (HEAP, 2023).

Para o Brasil, os custos da resistência de plantas daninhas no sistema de produção da soja são estimados em aproximadamente 1,25 bilhão de dólares anualmente, podendo aumentar para 2,3 bilhão de dólares, considerando as perdas causadas pela interferência das plantas daninhas (ADEGAS et al., 2017). Baccin et al. (2021) apresentaram um aumento no custo de produção entre a área com resistência múltipla comparada à área com resistência somente ao glifosato, apontam estimativas de aumento entre 33,7 e 173% do custo de controle com herbicidas.

Os mecanismos de resistência conferem uma vantagem de adaptação quando um herbicida for aplicado. Os mecanismos de resistência envolvem proteínas vitais alteradas ou vias de metabolismo secundário. É amplamente aceito que alguns mecanismos têm efeitos pleiotrópicos associados, ou seja, um único gene afetando vários sistemas ou determinando mais de um fenótipo (BENAKASHANI et al., 2021). Tais efeitos dos mecanismos de resistência a herbicidas geralmente afetam a fisiologia e o desenvolvimento da planta (HASSANPOUR-BOURKHEILI et al., 2020). As avaliações corretas dos mesmos efeitos não são simples pois variam conforme a genética, condições ambientais e de fisiologia, por exemplo, os efeitos deletérios de um alelo acetil-CoA carboxilase conferindo resistência aos herbicidas do grupo A, na produção vegetal é reprodutiva e diferiu entre as populações sendo mais pronunciados em condições ambientais limitantes (MENCHARI et al., 2008).

Os primeiros estudos de aptidão consideraram TSR (*Target-site resistance*) para herbicidas inibidores do fotossistema II onde foi identificado um forte efeito pleiotrópico deletério na produção de sementes e biomassa da planta e na habilidade competitiva, devido a uma deficiência na fotossíntese associado à resistência (VILA-AIUB et al., 2019).

Posteriormente, estudos de outros grupos de herbicidas produziram resultados mistos, sendo que os efeitos pleiotrópicos variam com o gene de resistência e, outras vezes, com o alelo TSR, podendo variar também com espécies (DÉLYE et al., 2013).

Tais efeitos deletérios da resistência não são necessariamente fortes, o que explica por que a resistência pode persistir em populações de plantas daninhas por anos após a remoção de qualquer pressão de seleção de herbicida. Além disso, os efeitos pleiotrópicos da resistência a herbicidas podem ser benéficos, mesmo em a ausência de

um herbicida (CHAUVEL et al., 2009). Este é o caso com a acetil-CoA (ACCCase) alelo de carboxilase Ile-1781-Leu (mecanismo de resistência) que confere TSR (*Target-site resistance*) a herbicidas do grupo A (inibidores da ACCCase), que causa um aumento na biomassa de plantas daninhas tratadas com estes princípios ativos (WANG et al., 2010), bem como um atraso na germinação das sementes que potencialmente permite escapar do controle realizado em pré-emergência e no início da safra (DÉLYE et al., 2013).

A diversidade de mecanismos de resistência a herbicidas observados atualmente é o resultado de uma evolução muito rápida em decorrência do uso intenso e rotineiro de herbicidas de mesmo mecanismo de ação. Com as condições das mudanças climáticas atuais, levar em consideração interações genéticas x ambientais se torna cada vez mais importante, podendo prever e monitorar a evolução dos casos de resistência aos herbicidas (DÉLYE et al., 2013).

2.5 Objetivos

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo testar a hipótese que os biótipos de *D. insularis* com resistência simples ao herbicida glifosato ou múltipla aos herbicidas glifosato e haloxifope-P-metílico possuem custos adaptativos que influenciam em sua germinação, portanto, os biótipos suscetíveis possuem vantagens no seu estabelecimento, quando não há pressão de seleção no ambiente.

3 Material e métodos

3.1 Confirmação da resistência e suscetibilidade – cálculo do fator de resistência (FR)

Foi realizado na estação experimental da Corteva Agriscience™ em Mogi-Mirim-SP (22°27'05.23"S, 47°04'14.35"O), um experimento em casa de vegetação, na safra de 2021/2022. Foram coletadas sementes de *D. insularis* de três locais, sendo o primeiro da região de Ponta Grossa-PR (25°13'50"S, 50°06'31"O), este supostamente suscetível aos herbicidas glifosato e haloxifope-P-metílico, que passou por um processo de aclimação às condições climáticas locais, reproduzindo quatro gerações em Mogi-Mirim-SP para ser utilizado no estudo, o segundo de Mogi-Mirim (22°27'00.10"S, 47°04'39.20"O), supostamente resistente ao herbicida glifosato e o terceiro de Mogi-Mirim (22°26'43.34"S, 47°03'55.20"O), supostamente resistente aos herbicidas glifosato

e haloxifope-P-metílico. Segundo Netto (2020) as plantas de *D. insularis* do Brasil, são geneticamente semelhantes, oriundas de um parental comum, portanto podendo ser comparadas no estudo plantas de diferentes matrizes.

Cada biótipo coletado foi semeado para então testar o fator de resistência, onde cada unidade experimental foi constituída de vasos com capacidade volumétrica de 700 mL, preenchidos com mistura de solo classificado como Latossolo vermelho distroférico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, 2013), de textura areno-argilosa, com as propriedades físico-químicas apresentados na (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo utilizado nas unidades experimentais. Mogi-Mirim-SP, Brasil.

pH	Al	H+Al	P (resina)	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
5,9	0,00	16	24	2,6	25	12	40,1	56,1	71	650	42	308

Unidades: Al, H+Al, K, Ca, Mg, SB e CTC (mmolc dm^{-3}); P (resina) (mg dm^{-3}); V (%).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada tratamento, sendo eles 9 doses de cada herbicida (glifosato e haloxifope-P-metílico) e uma testemunha absoluta sem tratamento herbicida para cada um dos três biótipos, nos quais foram testados a curva de dose-resposta (CHRISTOFFOLETI, 2002), onde D representa a dose recomendada de haloxifope-P-metílico (62,1 g i.a/ha) e glifosato (720 g e.a/ha), os tratamentos herbicidas foram: 16D, 8D, 4D, 2D, 1D, 1/2D, 1/4D, 1/8D, 1/16D, detalhamento descrito nas Tabelas 2 e 3:

Tabela 2 – Tratamentos com haloxifope-P-metílico e respectivas doses para cada biótipo.

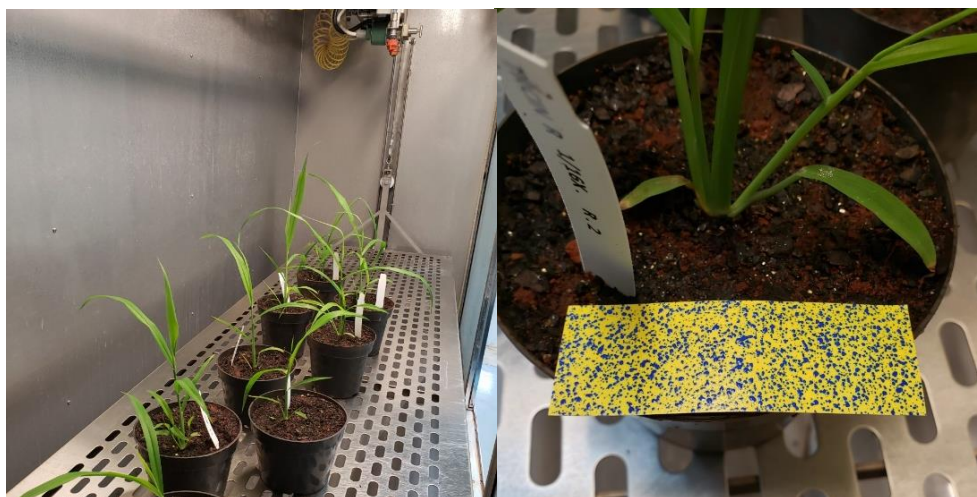
Tratamentos	Produto Comercial*	Ingrediente Ativo	Doses (g i.a ⁻¹)
1	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	3,88
2	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	7,76
3	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	15,53
4	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	31,05
5	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	62,1
6	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	124,2
7	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	248,4
8	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	496,8
9	Verdict Max®	haloxifope-P-metílico	993,6
10	Testemunha	-	-

*Associação com óleo mineral (Joint Oil®) 380,5 g i.a⁻¹

Tabela 3 – Tratamentos com glifosato e respectivas doses para cada biótipo.

Tratamentos	Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Doses (g e.a ⁻¹)
1	Glizmax Prime®	Glifosato	45
2	Glizmax Prime®	Glifosato	90
3	Glizmax Prime®	Glifosato	180
4	Glizmax Prime®	Glifosato	360
5	Glizmax Prime®	Glifosato	720
6	Glizmax Prime®	Glifosato	1440
7	Glizmax Prime®	Glifosato	2880
8	Glizmax Prime®	Glifosato	5760
9	Glizmax Prime®	Glifosato	11520
10	Testemunha	-	-

As aplicações foram realizadas quando as plantas de *D. insularis* atingiram o estágio de dois perfilhos, escala BBCH 22 descrita por Hess et al. (1997), utilizando equipamento automático de aplicação (*Track sprayer*) pressurizado a CO₂, com pressão constante de trabalho de 40 PSI, ponta de pulverização XR110015EVS, resultando em um volume de aplicação de 100 L/ha (Figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2. Aplicação do experimento realizada em aplicador automático e a cobertura de calda em papel hidro-sensível. Mogi Mirim-SP, 2021.

As avaliações de controle foram baseadas na seguinte escala, para controles extremos de 0% representando ausência de controle e 100% controle absoluto, de acordo com a metodologia proposta pela SBCPD (1995), aos 14, 28 e 42 dias após a aplicação (DAA), além do controle visual foi mensurado a massa seca de parte área (MSPA) aos 100 DAA, onde foi cortada rente ao solo e posteriormente feita a secagem dos materiais vegetal em estufa, à 60°C ± 5°C por 72 horas, onde após foi pesada. Para análise estatística foi realizada a aplicação do teste F na análise da variância e quando significativas as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de comparação de médias de Tukey, com $p \leq 0,05$. Após a análise da primeira curva de dose resposta, o experimento foi repetido com a coleta de sementes deste estudo (F2), sendo o mesmo repetido, usando a mesma metodologia, assim seguindo as regras do HRAC para confirmação de resistência de um biótipo (HRAC, 2023).

Com as médias de controle os biótipos de *D. insularis*, foi calculado o nível de resistência ou fator de resistência (FR). Sendo FR ($F = R/S$), o valor que expressa o número de vezes em que a dose necessária para proporcionar 50 ou 80% de controle (C50 ou 80 ou DL50 ou 80) da população resistente é maior que a dose que controla 50 ou 80% da população suscetível, sendo confirmada a resistência quando o FR da resistente for maior que 1,0 (MARKUS et al., 2021; HALL et al., 1998).

Os dados da curva de dose-resposta foram ajustados ao modelo de regressão não linear do tipo logístico. A variável controle foi ajustada ao modelo proposto por Streibig et al. (1988):

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

em que: y = porcentagem de controle; x = dose do herbicida; e a , b e c = parâmetros da curva, de modo que a é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva.

Para a variável massa seca residual, foi utilizado o modelo proposto por SEEFELDT et al. (1995):

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

em que: y = porcentagem residual da massa seca; x = dose do herbicida; e a , b , c e d = parâmetros da curva, de modo que a é o limite inferior da curva, b é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, c é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e d é a declividade da curva.

3.2. Custo adaptativo de biótipos resistentes – germinação em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo

Foram avaliadas as relações da taxa de germinação em função da temperatura e fotoperíodo dos biótipos descritos no experimento anterior, a partir da semente coletada

da segunda geração do experimento de curva de dose-resposta. O experimento foi conduzido em ambiente controlado, no laboratório de análise de sementes da fazenda escola da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS (22°13'55.73"S, 54°59'16.92"O), no ano safra de 2022/2023.

O delineamento experimental utilizado foi em DIC, com quatro repetições para cada tratamento. Os experimentos foram conduzidos isoladamente para três períodos de luminosidade diferentes 0, 8 e 12 horas, realizados em câmaras de germinação (B.O.D.s) com controle de temperatura e disponibilidade de luz, em esquema fatorial 6x3, onde o 6 representa as temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e 40°C) e 3 representa os biótipos (suscetível, resistente simples e resistente múltiplo).

Cada unidade experimental foi constituída de caixas de acrílico transparente do tipo gerbox (11,0 x 11,0 x 3,0 cm), onde foram semeadas 50 sementes de *D. insularis* (Figura 3), previamente desinfetadas, utilizando a metodologia adaptada de Orzari et al. (2013), com solução de hipoclorito de sódio (40% de uma solução comercial com 5% de princípio ativo), por dois minutos, sobre duas folhas de papel germiteste utilizadas como substrato (10,5 x 10,5cm) previamente umedecidas com água destilada na quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco, onde manteve-se umedecendo diariamente. Para os tratamentos com ausência de luz o plantio foi realizado sob presença de luz verde, evitando a interferência da luz para o processo de germinação (GILLARD et al., 2022).

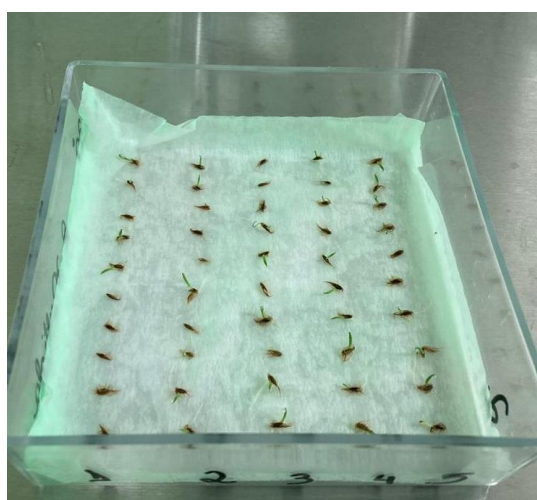


Figura 3. Unidade experimental, Gerbox, contendo 50 sementes de *D. insularis*. Dourados, 2022.

As avaliações ocorreram diariamente, até a estabilização da germinação das plântulas após a instalação do experimento, que ocorreu 14 dias após plantio (DAP), onde foi realizada a contagem das plântulas sadias, apresentando protusão de raiz primária e/ou embrião desenvolvidos. Obtendo a porcentagem de germinação (G%), segundo as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009) e o índice de velocidade de germinação (IVG) calculado de acordo com a fórmula de Maguire (1962):

$$IVG = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

Onde: IVG = índice de velocidade de germinação; N = números de plântulas verificadas no dia da contagem; D = números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

Os dados de porcentagem de germinação e IVG foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativas as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de comparação de médias de Tukey, com $p \leq 0,05$.

4. Resultados e Discussão

4.1 Confirmação da resistência e cálculo do FR

Através da análise de variância, os dados da curva de dose resposta foram submetidos para o fator controle (%) sendo esses significativos. Foi utilizado a regressão, com modelos não lineares, proposto por Streibig et al. (1988), onde os parâmetros “a”, “b” e “c” originaram a curva de dose-resposta, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros “a”, “b” e “c” da curva de dose-resposta e do coeficiente de determinação (R^2), ajustados para porcentagem de controle dos biótipos de *D. insularis*, quando aplicado glifosato e haloxifope-P-metílico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Herbicida	a	b	c	R^2
Glifosato				

<i>D. insularis</i> suscetível	102,65	586,63	-2,29	0,9963
<i>D. insularis</i> resistência Simples	106,02	2851,6	-2,88	0,9951
<i>D. insularis</i> resistência Múltipla	104,84	3086,06	-3,54	0,9963

“a” é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, “b” é a dose (g e.a/ha) que proporciona 50% de resposta da variável e “c” é a declividade da curva.

Herbicida	a	b	c	R ²
Haloxifope-P-metilico				
<i>D. insularis</i> suscetível	100	4,19	-34,48	1
<i>D. insularis</i> resistência Simples	100	4,14	-33,83	1
<i>D. insularis</i> resistência Múltipla	101,78	373,85	-4,09	0,9999

“a” é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, “b” é a dose (g i.a/ha) que proporciona 50% de resposta da variável e “c” é a declividade da curva.

Os dados da curva de dose resposta para redução da matéria seca de parte aérea (%) foram submetidos a análise de variância, que demonstraram ser significativos. Foi utilizado a regressão, com modelos não lineares, proposto por SEEFELDT et al. (1995), onde os parâmetros “a”, “b”, “c” e “d” originaram a curva de dose-resposta, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros “a”, “b”, “c” e “d” da curva de dose-resposta e do coeficiente de determinação (R²), ajustados para redução da matéria seca de parte aérea (%) dos biótipos de *D. insularis*, quando aplicado glifosato e haloxifope-P-metilico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021

Herbicida	a	b	c	d	R ²
Glifosato					
Suscetível	-1,62	102,18	408,65	-2,78	0,9994
Resistência Simples	26,02	75,90	1307,43	-1,88	0,9445
Resistência Múltipla	9,54	93,59	3366,17	-4,76	0,9812

Herbicida	a	b	c	d	R ²
-----------	---	---	---	---	----------------

Haloxifope-P-metílico					
Suscetível	-4,19	104,19	4,10	-33,53	1
Resistência Simples	25,48	74,51	-3,98	-31,48	1
Resistência Múltipla	-0,41	102,23	330,87	-3,5	0,9997

“a” é a limite inferior da curva, “b” diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva e “c” é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e d é a declividade da curva e “d” é a declividade da curva.

Levando em consideração os parâmetros onde foram calculadas as doses de glifosato necessárias para promover o controle (%) dos biótipos suscetível, resistente simples e resistente múltiplo de *D. insularis*, foram geradas curvas de dose-resposta, obtidas aos 42 dias após a aplicação (DAA) (Figura 4). Além da curva para o parâmetro controle, foi gerada a curva para o parâmetro redução de massa seca da parte aérea (Figura 5). Evidenciando através de uma regressão não linear a resistência dos dois biótipos comparados com o biótipo suscetível, onde nota-se o controle ou redução da massa seca do biótipo suscetível em doses inferiores, comparados aos biótipos resistentes (simples e múltiplo) (Figuras 6, 7 e 8).

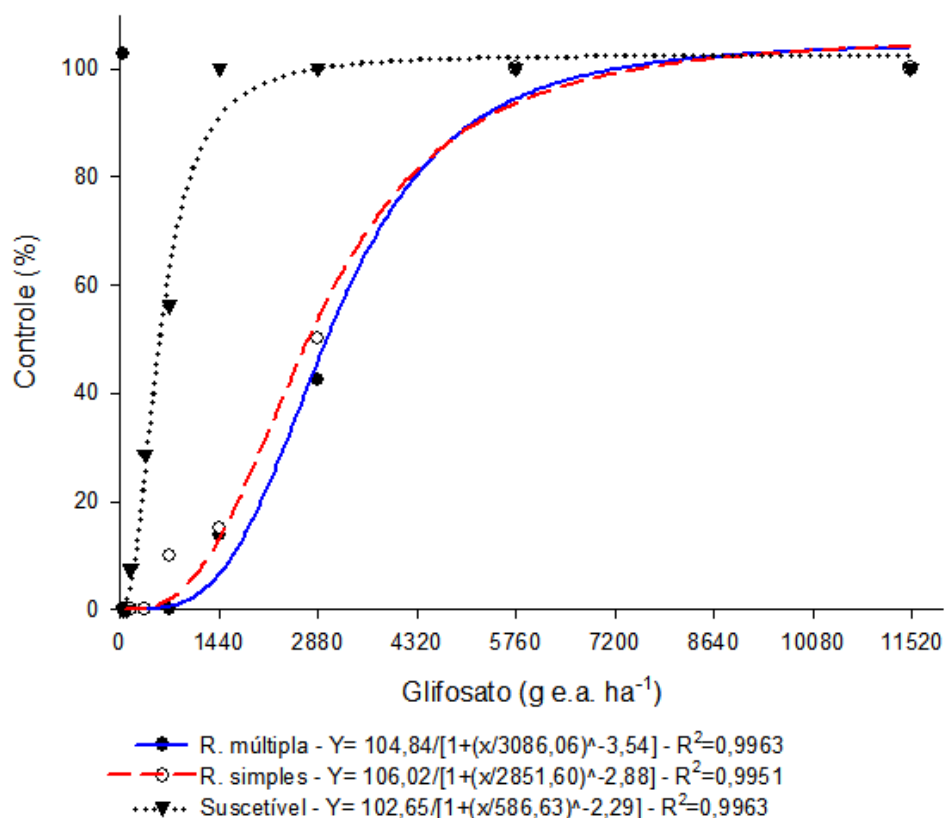


Figura 4. Curva de dose resposta a glifosato para controle (%) dos 3 biótipos de *D. insularis* estudados, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Os valores de DL_{50} foram de 586,63, 2851,6 e 3086,06 g e.a. ha^{-1} para os biótipos suscetível, resistente simples e múltiplo, respectivamente, portanto os fatores de resistência (FR) para o parâmetro controle, foram de 4,86 e 5,26 para os biótipos de resistência simples e múltipla a glifosato, respectivamente, sendo estes superiores a 1 comprovando assim a resistência dos biótipos. Corroborando com os resultados de Carvalho et al. (2011), onde resultados parecidos para o fator de resistência a biótipos resistentes a glifosato do estado de São Paulo foram encontrados, em condições de vasos, com plantas de 2 a 3 perfilhos, os valores encontrados para o FR ficaram entre 3,5 e 5,6. Melo et al. (2015) estudaram biótipos de São Paulo e Minas Gerais, comprovando a resistência do biótipo de Minas, com um Fator de resistência de 4,01. Adegas et al. (2010) também comprovaram a resistência de biótipos de *D. insularis* do Paraná, ao glifosato, tendo como resultado um FR de 6,46. Dados esses que demonstram a seleção rápida dessa planta daninha a este mecanismo de ação, devido

ao uso intensivo do herbicida de glifosato e a rápida dispersão de sementes dessa espécie.

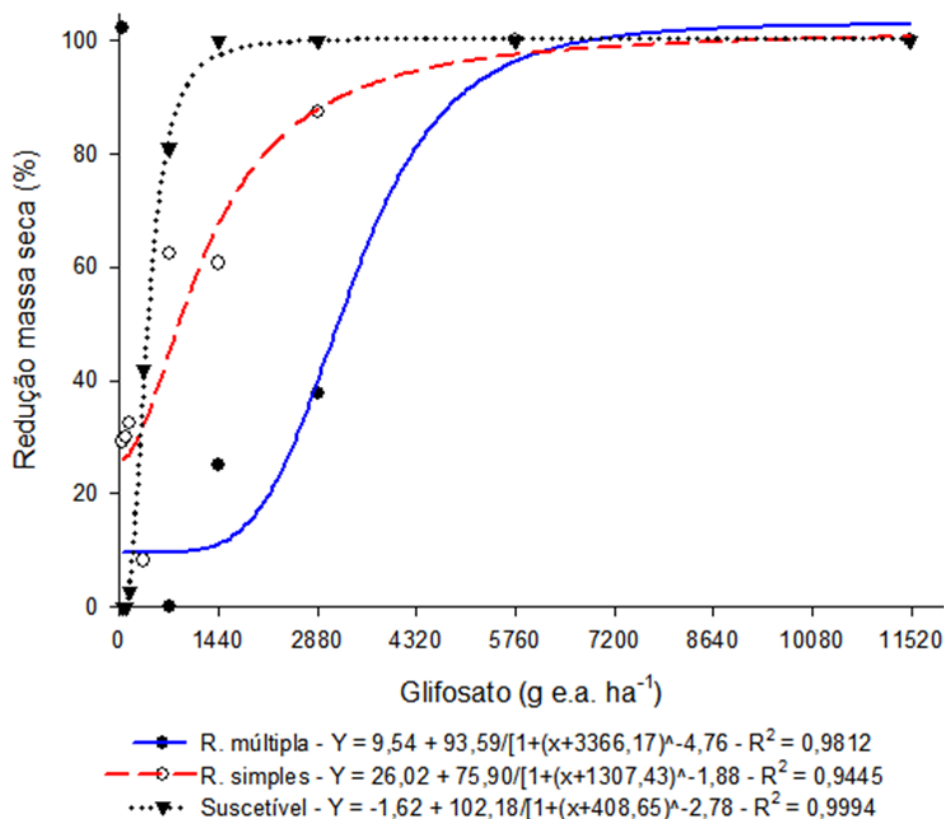


Figura 5. Curva de dose resposta a glifosato para redução de MSPA (%) dos 3 biótipos de *D. insularis* estudados, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Analisando o parâmetro redução de MSPA, os valores de GR₅₀ foram de 408,65, 1307,43 e 3366,17 para os biótipos suscetível, resistente simples e múltiplo, respectivamente, sendo os valores do FR foram de 3,20 e 8,24 para os biótipos de resistência simples e múltipla a glifosato, respectivamente, Carvalho et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes para o fator de redução de massa seca ou fresca, com valores do FR entre 2,3 e 3,9, comprovando a resistência dos biótipos em questão. Adegas et al. (2010) testaram métodos alternativos ao glifosato, e encontraram na dose de 48 i.a. ha⁻¹ de haloxifope-P-metílico controle de 100% dos biótipos de *D. insularis* estudados, convergindo com os dados dos biótipos de resistência simples e suscetível.



Figura 6. Curva de dose resposta do biótipo de *D. insularis* suscetível quando aplicado glifosato, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.



Figura 7. Curva de dose resposta do biótipo de *D. insularis* resistente simples quando aplicado glifosato, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.



Figura 8. Curva de dose resposta do biótipo de *D. insularis* resistente múltiplo quando aplicado glifosato, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Levando em consideração os parâmetros onde foram calculadas as doses de haloxifope-P-metílico necessárias para promover o controle (%) (Figura 9) e redução de massa seca (Figura 10), dos biótipos suscetível, resistente simples e resistente múltiplo de *D. insularis*, foram geradas curvas de dose-resposta, obtidas aos 42 dias após a aplicação (DAA), evidenciando através de uma regressão não linear a resistência do biótipo de resistência múltipla, quando comparado ao biótipo suscetível (Figuras 11, 12 e 13).

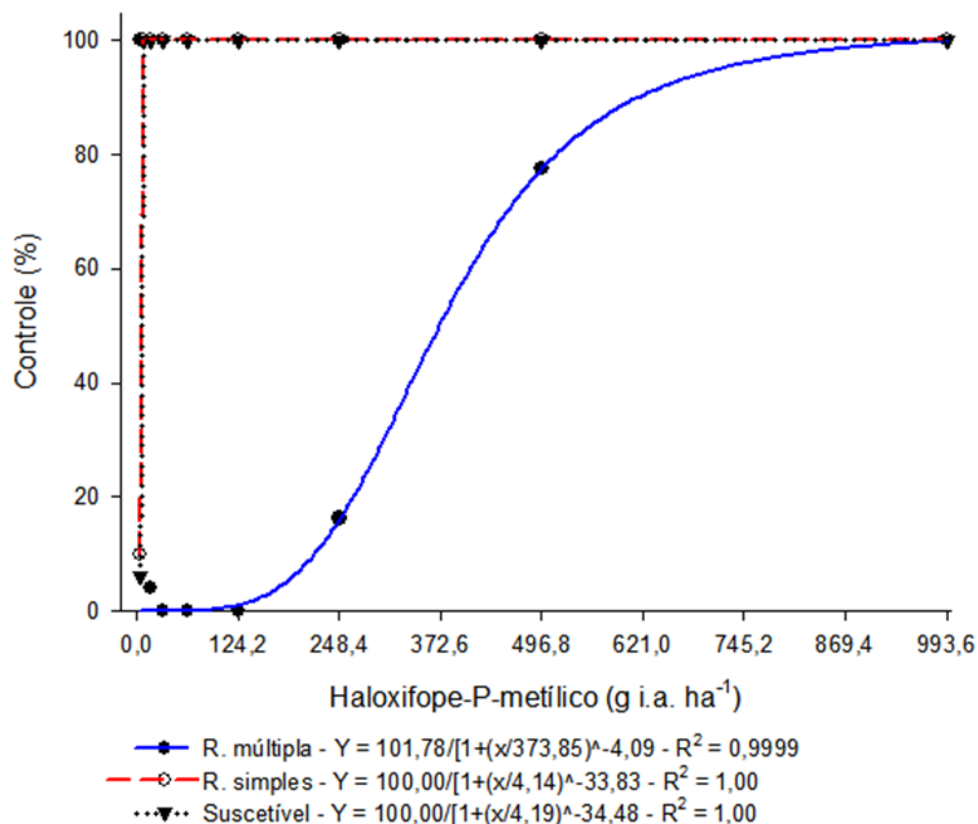


Figura 9. Curva de dose resposta a haloxifope-P-metílico para controle (%) dos 3 biótipos de *D. insularis* estudados, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Para o parâmetro controle (%), o FR aos biótipos de resistência simples e múltipla à haloxifope-P-metílico foram de 0,98 e 89,22, respectivamente, confirmando a resistência da população do biótipo de resistência múltipla, ao herbicida haloxifope-P-metílico. Além disso comprovando a suscetibilidade da população do biótipo de resistência simples, sendo esta resistente somente ao glifosato, Takano et al. (2020), obtiveram resultados parecidos em populações de *D. insularis*, sendo 61,3 o FR para o parâmetro controle (%). Comparada a proporção no Brasil, da seleção dos biótipos resistentes a glifosato ao haloxifope-P-metílico, temos uma diminuição drástica dos relatos, fato este devido ao menor uso dos graminicidas para o manejo de plantas daninhas, além disso, quando utilizado como ferramenta geralmente é associado a outros mecanismos de ação e realizado uma aplicação sequencial seja ela de um herbicida de contato ou outro graminicida de grupo químico diferente (CASSOL et al., 2019).

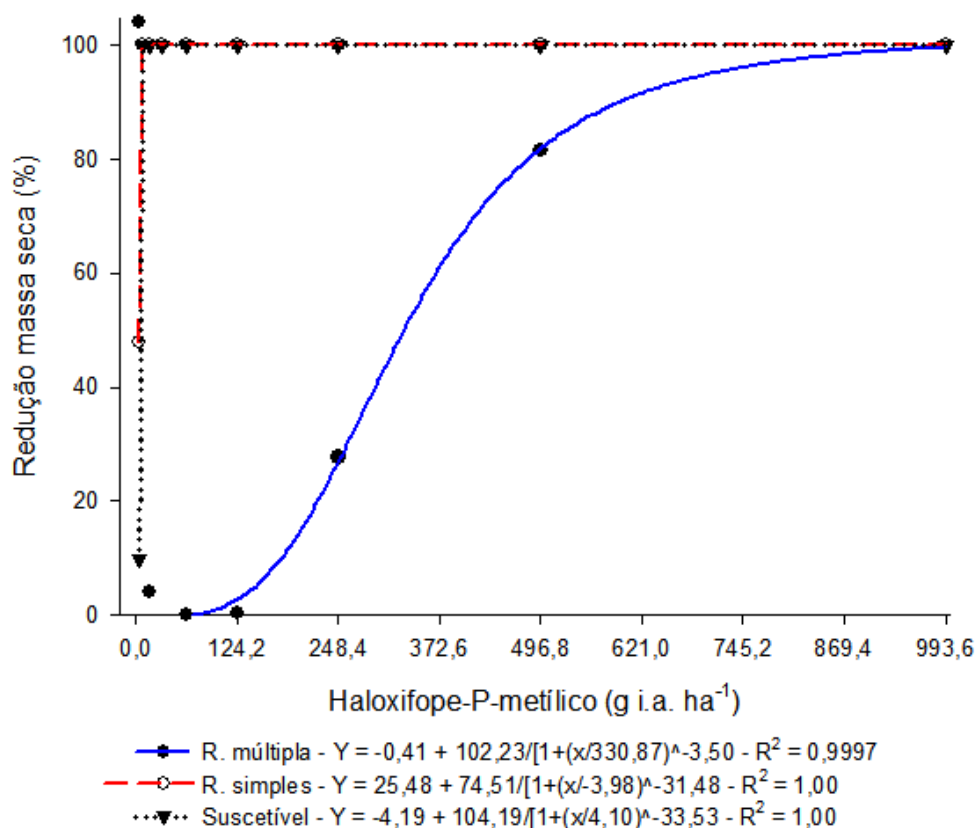


Figura 10. Curva de dose resposta a haloxifope-P-metílico para redução de MSPA (%) dos 3 biótipos de *D. insularis* estudados, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Para o parâmetro redução de MSPA, os valores de GR_{50} foram de 4,10, -3,98 e 330,87 para os biótipos suscetível, resistente simples e múltiplo, respectivamente, portanto os valores do FR foram de -0,97 e 80,7 para os biótipos de resistência simples e múltipla a glifosato, respectivamente.

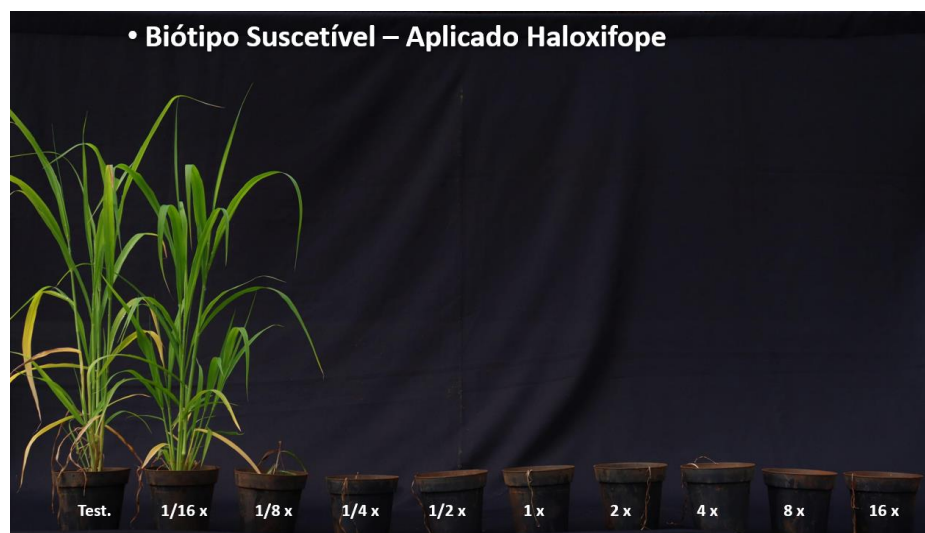


Figura 11. Curva de dose resposta do biótipo de *D. insularis* suscetível quando aplicado haloxifope-P-metílico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.



Figura 12. Curva de dose resposta do biótipo de *D. insularis* resistente simples quando aplicado haloxifope-P-metílico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.



Figura 13. Curva de dose resposta do biótipo de *D. insularis* resistente múltiplo quando aplicado haloxifope-P-metílico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

4.2 Custo adaptativo de biótipos resistente quanto a germinação em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo

Através da aplicação do teste F na análise da variância, verificou se houve interação entre os fatores biótipo e temperatura, para os três fotoperíodos testados, sendo estes considerados como três experimentos independentes.

Observou-se que em zero horas de fotoperíodo, as temperaturas 25, 30 e 35 °C proporcionaram uma maior taxa de germinação, para os três biótipos estudados, aos 14 dias após plantio (DAP), para todos os biótipos, as temperaturas de 15 e 20°C demonstraram as menores porcentagens de germinação (Figura 14), isso pode ocorrer quando as sementes são submetidas a temperatura constante e ausência de luz, principalmente temperaturas abaixo da faixa ótima para espécie, que varia de 25 a 35°C, ao manter as sementes em temperatura ou luz constante, as sementes não desencadeiam processos enzimáticos de germinação, obtendo assim menores índices de velocidade de germinação (PYON et al., 1977).

Alguns fatores ambientais influenciam diretamente na germinação de sementes, para algumas espécies a baixa temperatura no período de inverno estimulam a quebra da dormência, porém esse fator isolado não é suficiente para iniciar o processo germinativo, outros fatores como luz, umidade e oxigênio são necessários para iniciar o

processo. A luz e temperatura regulam a dormência, assim, muitas espécies necessitam da interação desses fatores para iniciar o processo de germinação. Diante disso, esses fatores determinam a predominância de algumas espécies em determinadas regiões, por exemplo, *Cyperus esculentus* predominam nas regiões frias dos Estados Unidos, enquanto o *Cyperus rotundus* não tolera baixas temperaturas (SINGH e SINGH, 2009; TRAVLOS et al., 2020), explicando o fato da baixa germinação dos biótipos de *D. insularis* nas menores temperaturas.

A nível de campo, a presença e a quantidade de palha sobre a superfície do solo podem influenciar o processo germinativo, isso ocorre, pois, a mesma atua na regulação térmica, havendo assim, uma menor oscilação de temperatura, além disso, elevadas quantidades sobre o solo impedem a passagem de luz, neste caso, impede a germinação de algumas espécies que respondem a variação de temperatura ou que são fotoblásticas positivas (WANG et al., 2023), apesar da *D. insularis* ser uma planta fotoblástica neutra, Mendonça et al. (2014) demonstram que em condições de maior luminosidade há uma maior germinação e um maior índice de velocidade de germinação. Petter et al. (2015) estudaram a germinação de *D. insularis* sob a palhada de diferentes culturas de cobertura, sendo estas responsáveis por um controle cultural significativo na germinação da planta daninha.

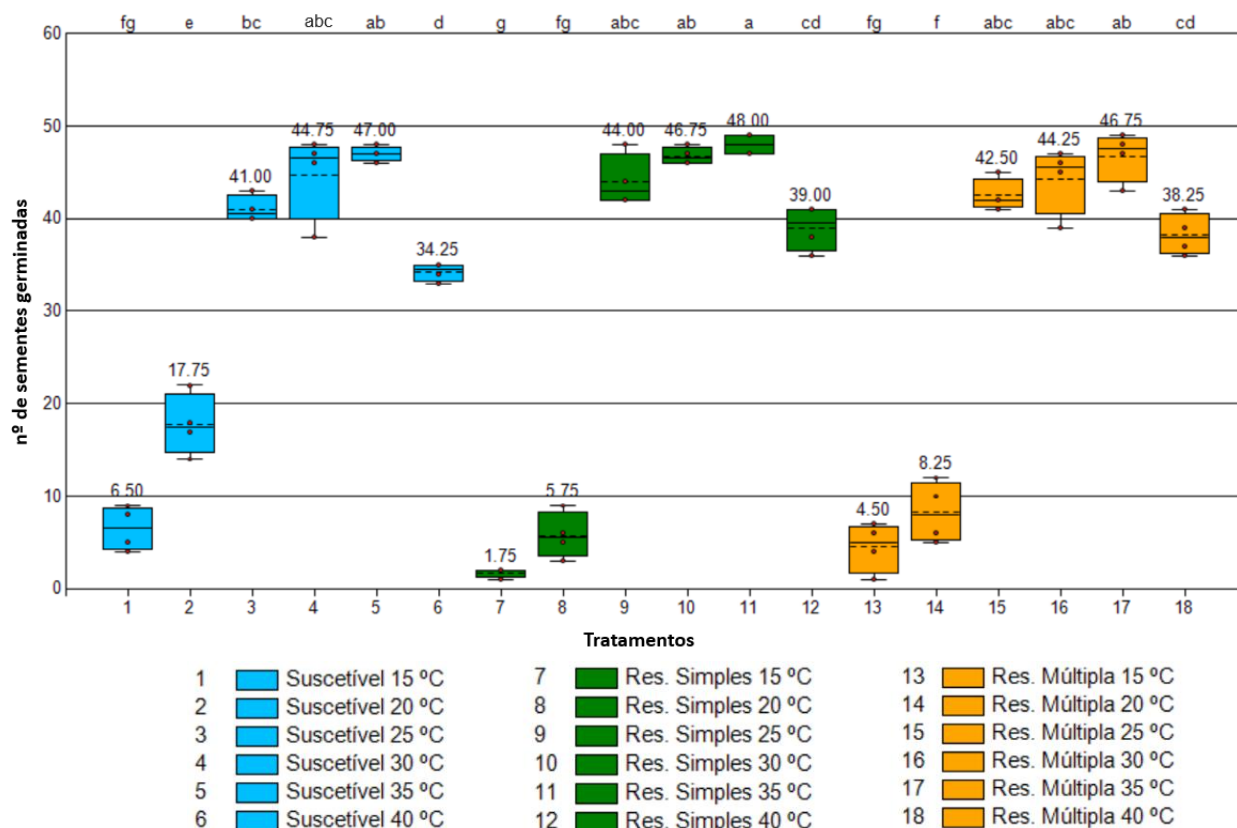


Figura 14. nº de plantas germinadas dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à zero horas de fotoperíodo. Dourados-MS, 2022.

Para o parâmetro índice de velocidade de germinação (IVG), dados estão apresentados nas Figuras 6, 8 e 10. Observa-se que à zero horas de fotoperíodo as temperaturas de 30 e 35 °C, para os biótipos de resistência simples e múltipla diferiram, sendo superiores as demais, seguidos do suscetível a 35 °C e resistente simples a 25 °C (Figura 15).

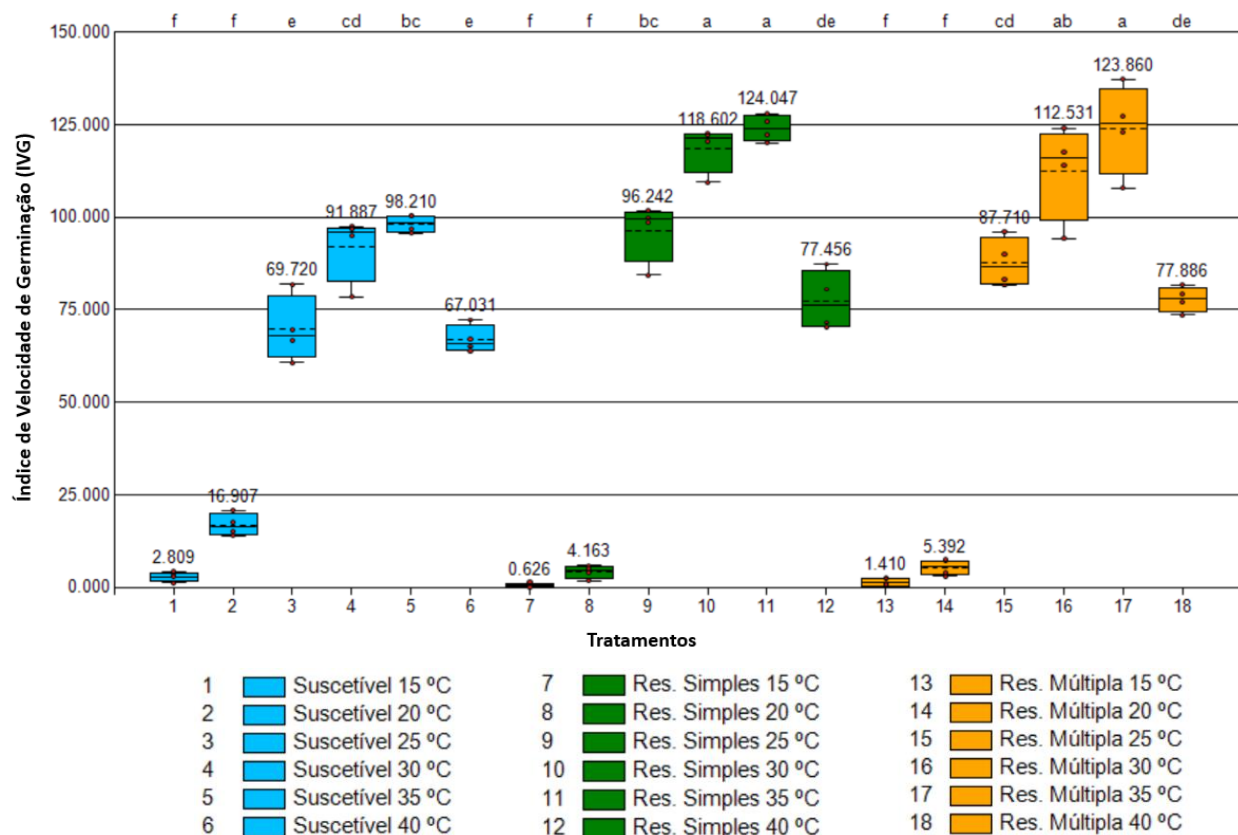


Figura 15. IVG dos biótipos suscetível, resistente simples e múltiplo x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à zero horas de fotoperíodo. Dourados-MS, 2022.

Para 8 horas de fotoperíodo (Figura 16), nota-se que houve diferença significativa somente na temperatura de 15 °C para os biótipos suscetível e resistente simples, bem como 15 e 20 °C para o biótipo resistente múltiplo, estes apresentando as menores taxas de germinação, aos 14 dias DAP. Observa-se também que o fotoperíodo 8 horas induz a germinação de *D. insularis*, para os biótipos suscetível e resistência simples. A faixa de temperatura com maior número de plantas germinadas é de 20-40°C e a menor porcentagem de germinação é observada a 15°C, para os mesmos biótipos.

Os resultados para o biótipo de múltipla resistência, indicam que os maiores índices são apresentados entre 25-40°C, para esse biótipo nota-se maior sensibilidade a temperatura quando comparado aos demais, resultados semelhantes foram observados por Mondo et al. (2010), ao avaliar o efeito de luz e temperatura em quatro espécies do gênero *Digitaria*.

Ao comparar as Figuras 5 e 7, nota-se a importância da presença de luz na germinação da espécie em estudo, em média 87,65% a mais de plantas germinadas na presença de 8 horas de fotoperíodo para a temperatura de 15°C, a qual apresentou a maior discrepância de resultados.

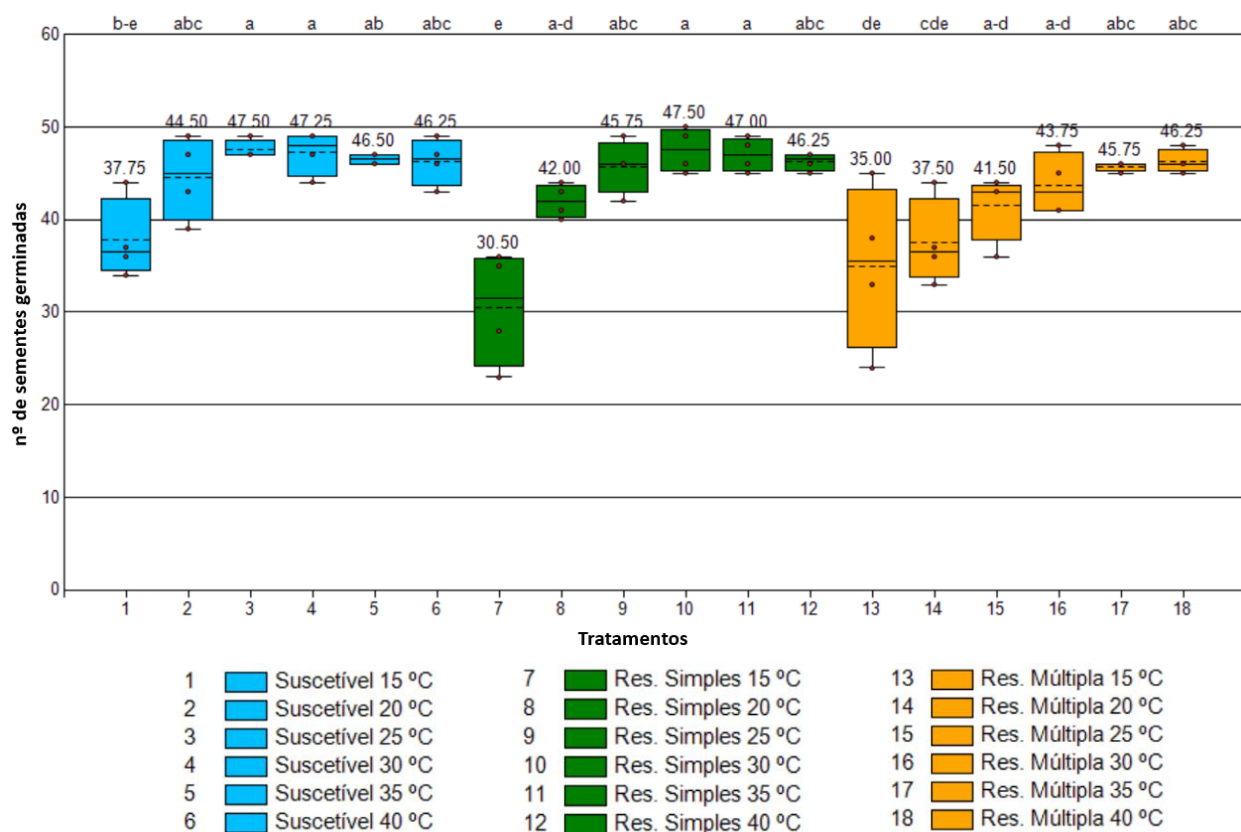


Figura 16. nº de plantas germinadas dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à oito horas de fotoperíodo. Dourados-MS, 2022.

Observa-se para o índice de velocidade de germinação ao fotoperíodo de 8 horas (Figura 17) o biótipo de resistência simples na faixa de temperatura de 25 a 40°C apresentou os maiores valores de IVG diferindo dos demais tratamentos, em seguida resistência múltipla e suscetível, ao comparar a mesma faixa de temperatura. O comportamento dos dados foi semelhante ao observado na Figura 4, demonstrando assim que há concordância nos resultados obtidos.

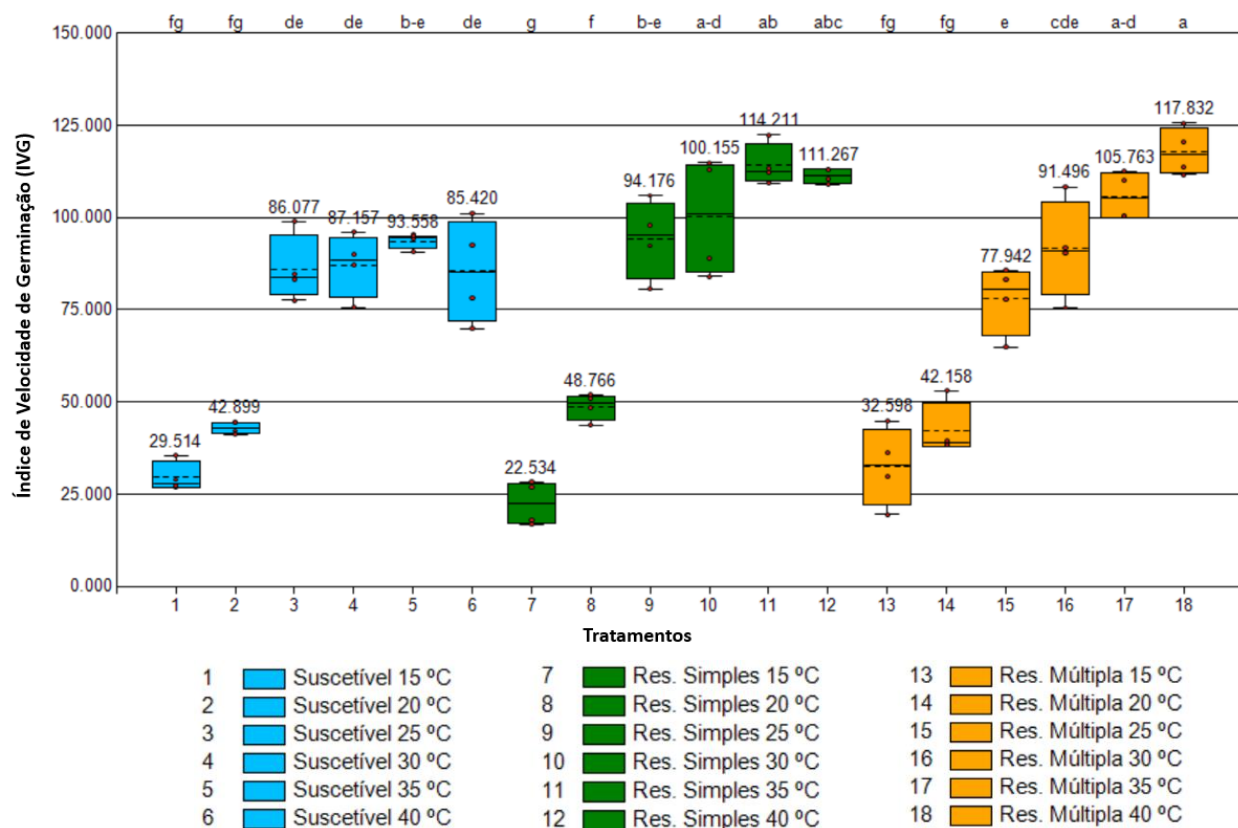


Figura 17. IVG dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à oito horas de fotoperíodo. Dourados-MS, 2022.

Para 12 horas de fotoperíodo, observa-se uma maior variação entre os biótipos, onde para os biótipos suscetíveis e resistente múltiplo, as temperaturas de 25, 30 e 35 °C diferiram com uma maior taxa de germinação, comparando-as com as seguintes temperaturas 20, 25, 30, 35 e 40 °C, do biótipo resistente simples, aos 14 dias DAP, (Figura 18).

Nota-se que ao submeter as sementes a 0 e 12 horas de fotoperíodo a germinação nas temperaturas de 15 e 40°C foram prejudicadas, sendo o intervalo com melhores índices de germinação de 25 a 35°C, para ambos os casos. Enquanto para 8 horas de fotoperíodo a faixa de temperatura fica mais ampla, de 20 a 40°C. Diante do observado, nota-se que há diferenças entre os fotoperíodos, e a necessidade da luz para o desenvolvimento da espécie, entretanto para germinação das sementes não foi um

limitante, já a temperatura é primordial para germinação, onde obteve-se diferenças significativas.

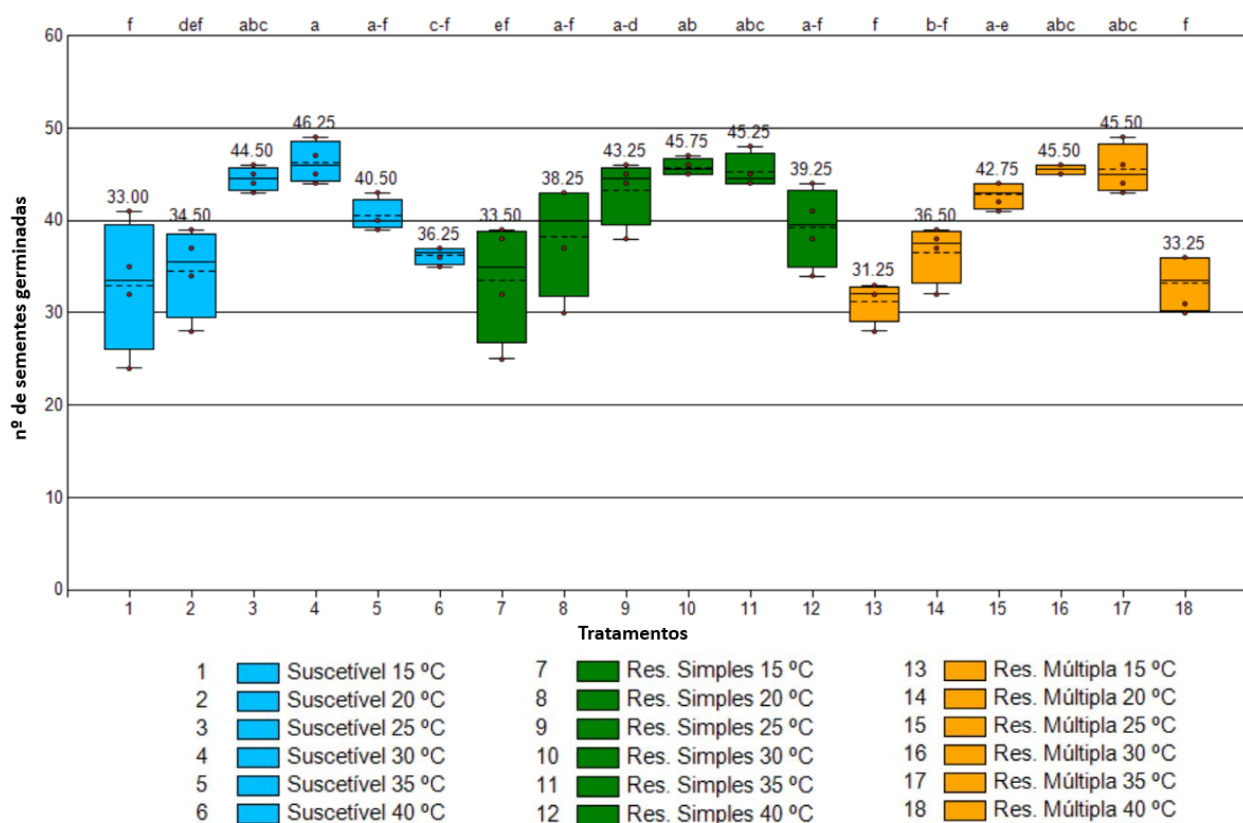


Figura 18. nº de plantas germinadas dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à doze horas de fotoperíodo. Dourados-MS, 2022.

Estudos de germinação de diferentes populações de *D. insularis*, foram feitos por Mendonça et al. (2014), e demonstram que as temperaturas de 25 e 35 °C foram mais favoráveis para germinação das populações coletadas, comparados às temperaturas de 15 e 40 °C. Corroborando com os resultados do experimento, onde nos fotoperíodos (0, 8 e 12 horas) as temperaturas entre 25 e 35 °C obtiveram as maiores porcentagens de germinação, de maneira geral.

Ao analisar a Figura 19, nota-se que os menores índices de velocidade de germinação no fotoperíodo de 12 horas, para todos os biótipos, foram nas temperaturas de 15 e 20°C. Novamente, observa-se que as temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C

apresentaram valores superiores. Para o biótipo suscetível os maiores índices foram observados nas temperaturas de 25, 30 e 40°C, os biótipos de resistência simples e múltipla apresentaram superioridade nas temperaturas de 30 e 35°C. Porém, estatisticamente, nota-se que os biótipos resistentes nas temperaturas de 30, 35 e 40°C e 25, 30 e 35°C, para simples e múltipla, respectivamente, diferiram dos demais tratamentos.

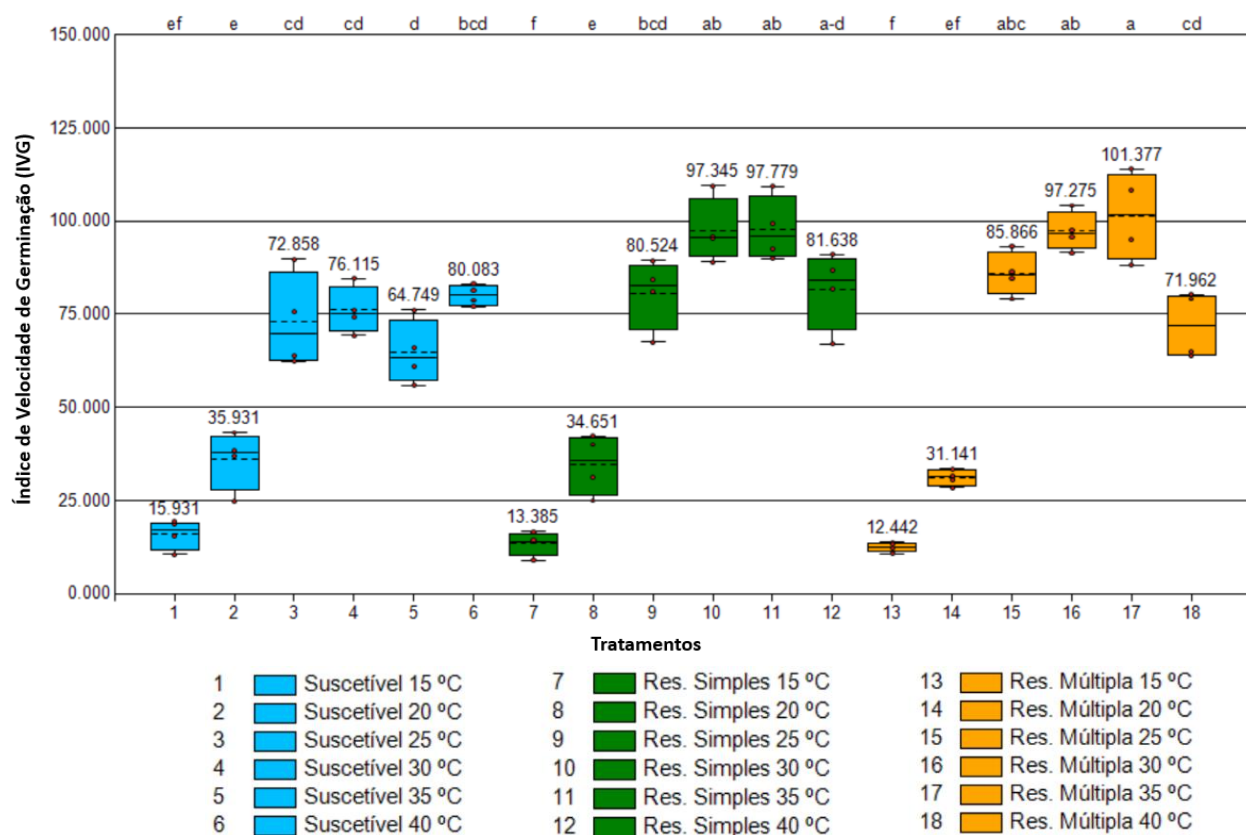


Figura 19. IVG dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à 12 horas de fotoperíodo. Dourados-MS, 2022.

Conclusão

Através do trabalho de curva de dose resposta, seja para o parâmetro controle ou redução de massa seca, pode-se afirmar que os biótipos de Mogi-Mirim são resistentes ao herbicida glifosato, sendo um deles também resistente também ao herbicida haloxipe-P-metílico, portando este considerado resistente múltiplo.

Para o fotoperíodo de zero horas, conclui-se que as maiores porcentagens de germinação ocorreram entre as temperaturas de 25 e 35°C, já em relação ao IVG os maiores índices foram para os biótipos com resistência simples ou múltipla nas temperaturas de 30 e 35°C. Para o fotoperíodo de oito horas, a germinação entre 20 e 40°C foram as maiores porcentagens de germinação e quanto ao IVG deram-se os melhores nas temperaturas entre 30 e 40°C para o resistente simples e múltiplo. Para doze horas de fotoperíodo tem-se como destaque as temperaturas entre 25 e 35°C, em relação a porcentagem de germinação, quanto ao IVG sobressai as temperaturas de 30 e 35°C para os biótipos resistente simples e múltipla.

Portanto havendo uma maior velocidade para germinação dos biótipos resistentes comparado ao biótipo suscetível, podendo este ser um custo adaptativo para os biótipos resistentes.

5 Referências

- ADEGAS, F. S., GAZZIERO, D. L. P., VOLL, E., OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. **In Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, v. 27, p. 761-765, 2010.
- ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D.; DA SILVA, A. F.; AGOSTINETTO, D. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. **1. ed. Londrina, PR: EMBRAPA SOJA, (Circular Técnica 123)**, v. 11 p. 1-11, 2017.
- ADEGAS, F. S.; CORREIA, N. M.; DA SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; GAZZIERO, D. L.; DALAZEN, G. Glyphosate-resistant (GR) soybean and corn in Brazil: past, present, and future. **Advances in Weed Science**, v. 40, p. 1-12, 2022.
- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R. P.; SCHAEGLER, C. E.; TIRONI, S. P.; SANTOS, L. S. Critical period for weed competition with wheat. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.271-278, 2008.
- AGROFIT, 2023. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 14 de julho de 2023.
- AMARAL, R. S. S.; PEREIRA, L. L.; GUIMARÃES, V. R.; ANTUNES NETO, A.; PASSOS, A. M. A. Germinação de Sementes de *Eleusine indica* e *E. tristachya*: Fotoblastia. **1. ed. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA Milho e Sorgo, (Circular Técnica 269)**, p. 1-10, 2020.
- BACCIN, L. C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; FILHO, R. V.; ROSSI, C. V. S.; MELO, M. S. C. DE.; ALVES, S. N. R.; ZOBIOLE, L. H.; SCHERER, M. B. Impacto da resistência múltipla de plantas daninhas aos herbicidas nos custos de produção de soja. **Informe Técnico: HRAC/BR**, v.2, p. 1-13, 2021.
- BARBOSA, E. M.; BONILLA, O. H.; DE LUCENA, E. M. P.; DE ANDRADE, L. M. Estrutura de um fragmento de Caatinga infestado por *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12(05), p. 1952-1966, 2019.
- BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C. Interação entre herbicidas inibidores da ACCase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v. 32, p. 619-627, 2014.
- BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. Matologia: estudos sobre plantas daninhas. Jaboticabal: **Fábrica da Palavra**, p. 548, 2021.
- BENAKASHANI, F.; GONZALEZ-ANDUJAR, J. L.; SOLTANI, E. Differences in Germination of ACCase-Resistant Biotypes Containing Isoleucine-1781-Leucine

Mutation and Susceptible Biotypes of Wild Oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). **Plants**, v. 10(11), p. 686-1-14, 2021.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas - noções básicas Jaboticabal: **FUNEP**, p. 41, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, p. 399, 2009.

BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, A. G.; CANEPPELE, A. B.; TAKANO, H. K.; SILVA, A. G. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. D. Sourgrass interference on soybean grown in Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 350-358, 2021.

CANTO-DOROW, T.S. *Digitaria Heister* ex Haller. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M. (Ed.) Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo. São Paulo: HUCITEC. p.143-150, 2001.

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; DA COSTA AGUIAR ALVES, P. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. Detection of Sourgrass (*Digitaria insularis*) Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, p.171–176, 2011.

CASSOL, M.; MATTIUZZI, M. D.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; BACCIN, L. C.; SOUZA, C. N. Z. Efficiency of isolated and associated herbicides to control glyphosate-resistant sourgrass. **Planta Daninha**, p.37, 2019.

CHAUVEL, B.; GUILLEMIN, J. P.; COLBACH, N. Evolution of a herbicide-resistant population of *Alopecurus myosuroides* Huds. in a long-term cropping system experiment. **Crop protection**, v.28, p.343-349, 2009.

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

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (coord.) Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 2 ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), p. 3- 22, 2004.

CORREIA, N. M.; RAMPAZZO, P. E.; ARAÚJO, L. D. S.; ROSSI, C. V. S. Sensitivity of *Digitaria insularis* to herbicides in agricultural areas, in the Brazilian Cerrado biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. 1-14, 2020.

CRUVINEL, A. G.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; DA SILVA, A. G.; RIBEIRO, L. C. L.; GONÇALO, T. P. Interference of increasing densities of sourgrass in grain sorghum. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 20, p. 1-13, 2021.

DÉLYE, C. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: an update. **Weed Science**, v.53, n.5, p.728-746, 2005.

DÉLYE, C.; JASIENIUK, M.; LE CORRE, V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. **Trends in Genetics**, v.29, p.1-10, 2013.

DIESEL, F.; TREZZI, M. M.; GALLON, M.; MIZERSKI, P. H. F.; BATISTEL, S. C.; PAGNONCELLI, F. B. Interference of broadleaf buttonweed and white-eye in soybean. **Planta Daninha**, v. 38, p.1-14, 2020.

DUKE, S. O. The history and current status of glyphosate. **Pest management science**, v. 74, n. 5, p. 1027-1034, 2018.

Egley, G. H. Stimulation of weed seed germination in soil. **Rev Weed Sci**, v. 2, p. 67–89, 1989.

EMBRAPA_Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Brasília, DF). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Brasília, DF: Embrapa Solos, p. 198, 2013.

FERREIRA, S. D.; SALVALAGGIO, A. C.; MORATELLI, G.; VASCONCELOS, E. S.; COSTA, N. V. *Commelina* Species Control with Desiccants Alone and in Mixtures. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 35, 2017.

FERREIRA, S. D.; EXTECKOETTER, V.; GIBBERT, A. M.; BARBOSA, J. A.; COSTA, N. V. Biological cycle of susceptible and glyphosate-resistant sourgrass biotypes in two growth periods resistentes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, p. 1-9, 2018.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R. A. Produção de sementes por picão-preto e guanxuma em função de densidades das plantas daninhas e da época de semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 21(2), p. 191-202, 2003.

FRAGA, D.; SILVA, A. F. da, GAZZIERO, D.; AGOSTINETTO, D.; KARAM, D.; VARGAS, L. Biologia e genética das plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil. In: Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicida. Hrac (Org.); Piracicaba.: ESALQ. 4.ed, p. 262, 2016.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. Glyphosate: a unique global herbicide. **American Chemical Society**, p. 653, 1997.

GALON, L.; FORTE, C. T.; REICHERT JÚNIOR, F. W.; TREVISOL, R.; PERIN, G. F. Competitive interaction between common black bean cultivars and *Euphorbia heterophylla*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 254-260, 2018.

GAZOLA, T.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Weed germination and growth in soil covered with maize straw. **Advances in Weed Science**, v. 40, 2022.

GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S.; SILVA, A.F.; CONCENÇO, G. Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha** v.37, p. 1-10, 2019.

GEMELLI, A.; DE OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; DE CAMPOS JUMES, T. M.; GHENO, E. A.; FRANCHINI, L. H. M. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, p. 162-170, 2013.

GILLARD, M. B.; CASTILLO, J. M.; MESGARAN, M. B.; FUTRELL, C. J.; GREWELL, B. J. Germination niche breadth of invasive *Iris pseudacorus* (L.) suggests continued recruitment from seeds with global warming. **American Journal of Botany**, v. 109(7), p. 1108-1119, 2022.

GRONWALD, J. W.; EBERLEIN, C. V.; BETTS, K. J.; BAERG, R. J.; EHLKE, N. J.; WYSE, D. L. Mechanism of diclofop resistance in an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) biotype. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.44, n.2 , p.26- 39, 1992.

HALL, L.M.; STROME, K.M.; HORSMAN, G.P. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Sci.** v. 46, p. 390-396, 1998.

HASSANPOUR-BOURKHEILI, S.; GHEREKHLOO, J.; KAMKAR, B.; RAMEZANPOUR, S. S. Comparing fitness cost associated with haloxyfop-R methyl ester resistance in winter wild oat biotypes. **Planta Daninha**, v. 38, p. 1-10, 2020.

HEAP; I.M. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponível em: www.weedscience.org/Home.aspx. Acesso em: 20/05/2023.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; EGGERS, T. H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale-general for the descriptions of the growth stages of mono; and dicotyledonous weed species. **Weed research**, v. 37(6), p. 433-441, 1997.

HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). HRAC confirming resistance, 2023. Disponível em: <https://hracglobal.com/herbicide-resistance/confirming-resistance>. Acesso em 01/09/2023.

KISSMAN; K.; GROTH; D. Plantas infestantes e nocivas [weeds and harmful plants]. Editora BASF v. 2, p. 978, 1999.

KISSMANN; K. G. Resistência de plantas a herbicidas. São Paulo: BASF, p. 33, 1996.

KISSMANN; K. G.; GROTH; D. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: BASF, p. 978, 1997.

KLEIN, A.; FELIPPE, G.M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 955-966, 1991.

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

LIMA, C. C.; DA SILVA, R. P.; JERONIMO, A. V.; MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Estágios fenológicos associados ao controle químico no manejo de *spermacoea densiflora* originada de sementes e rebrota. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18(3), p.1-7, 2019.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; TAKANO, H.K.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M.S.; CAVENAGHI, A.L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OLIVEIRA, R.S. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian agricultural production areas. **Weed Science**. v.65, p.285–294, 2017.

LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. [s.l.] Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008.

LUCIO, F. R.; KALSING, A.; ADEGAS, F. S.; ROSSI, C. V. S.; CORREIA, N. M.; GAZZIERO, D. L. P.; DA SILVA, A. F. Dispersal and frequency of glyphosate-resistant and glyphosate-tolerant weeds in soybean-producing edaphoclimatic microregions in Brazil. **Weed Technology**, v. 33(1), p. 217-231, 2019.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, p.641-647, 2006.

MACHADO, A.F.L.; MEIRA, R.M.S.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; TUFFI SANTOS, L.D.; FIALHO, C.M.T.; MACHADO, M.S. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.26, p.1-8, 2008.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARIANI, F.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M. A.; LANGARO, A. C.; DUARTE, T. V. Valor adaptativo e habilidade competitiva de azevém resistente e

suscetível ao iodossulfuron em competição com o trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 710-719, 2016.

MARKUS, C.; BARROSO, A. A. M.; DALAZEN, G.; RONCATTO, E.; JÚNIOR, A. M. RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS in: Matologia: estudos sobre plantas daninhas / Arthur Arrobas Martins Barroso (Organizador); Afonso Takao Murata (Organizador). -- Jaboticabal: Fábrica da Palavra, p. 547, 2021.

MELO, M. S. C., DA SILVA, D. C. P., ROSA, L. E., NICOLAI, M., CHRISTOFFOLETI, P. J. Herança genética da resistência de capim-amargoso ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14(4), p. 296-305, 2015.

MELO, M. S. C.; DA ROCHA, L. J. F. N.; BRUNHARO, C. A. D. C. G.; DA SILVA, D. C. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Alternativas de controle químico do capim-amargoso resistente ao glyphosate, com herbicidas registrados para as culturas de milho e algodão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, p.206-215, 2017.

MENCHARI, Y.; CHAUVEL, B.; DARMENCY, H.; DÉLYE, C. Fitness costs associated with three mutant acetyl-coenzyme A carboxylase alleles endowing herbicide resistance in black-grass *Alopecurus myosuroides*. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.939-947, 2008.

MENDONÇA, G.S.; MARTINS, C.C.; MARTINS, D.; COSTA, N.V. Ecophysiology of seed germination in *Digitaria insularis* ((L.) Fedde). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, p. 823–832, 2014.

Merfield, C. N. False and Stale Seedbeds: The Most Effective Non-chemical Weed Management Tools for Cropping and Pasture Establishment. Lincoln. **The BHU Future Farming Centre**, p. 23, 2023.

MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M. L. D.; FUCHS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, v. 27, p. 549-554, 1997.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P. D.; DIAS, A. C. R.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 131-137, 2010.

NETTO, A. G. Monitoramento da resistência a herbicidas inibidores da EPSPs e genômica populacional de *Digitaria insularis* nas principais regiões produtoras de soja do Brasil. 1ed. Piracicaba, 81p, 2020.

OLIVEIRA, E. F. D.; SANTOS, P. R. R. D.; SANTOS, G. R. D. Seeds of weeds as an alternative host of phytopathogens. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, p. 1-7, 2018.

ORZARI, I.; MONQUERO, P. A.; REIS, F. C.; SABBAG, R. S.; HIRATA, A. C. S. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de sementeira. **Planta daninha**, v. 31, p. 53-61, 2013.

PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. **Current Biology**, v. 27, p. 853-909, 2017.

PETERSON, M.A.; COLLAVO, A.; OVEJERO, R.; SHIVRAIN, V.; WALSH, M.J. The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. **Pest Management Science**, v. 74, p. 2246–2259, 2018.

PETTER, F. A.; SULZBACHER, A. M.; SILVA, A. F.; FIORINI, I. V. A.; MORAIS, L. A.; PACHECO, L. P. Use of cover crops as a tool in the management strategy of sourgrass. **Rev Bras Herb**, v. 14, p. 200-9, 2015.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Inf. Agropec*, v. 11, p. 16–27, 1985.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p.317–347, 2010.

PYON, J.Y.; WHITNEY, A.S.; NISHIMOTO, R.K. Biology of sourgrass and its competition with buffelgrass and guineagrass. **Weed Science**, v.25, p.171-174, 1977.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Weed ecology: implications for vegetation management. **2.ed. New York: Wiley**, p. 589, 1997.

SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação; avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, p. 42, 1995.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, S. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Technol**, v. 9, p. 218-227, 1995.

SINGH, S.; SINGH, M. Effect of temperature, light and pH on germination of twelve weed species. **Indian Journal of Weed Science**, v. 41, p. 113-126, 2009.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Res**, v.28, p.479-484, 1988.

TAKANO, H.K.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; MANGOLIM, C.A.; MACHADO; M.F.P.S.; BEVILAQUA, M.R.R. Spread of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*): independent selections or merely propagule dissemination?. **Weed Biology and Management**, v. 18, p.50-59, 2018.

TAKANO, H. K.; MELO, M. S.; OVEJERO, R. F.; WESTRA, P. H.; GAINES, T. A.; DAYAN, F. E. Trp2027Cys mutation evolves in *Digitaria insularis* with cross-resistance to ACCase inhibitors. **Pesticide biochemistry and physiology**, v.164, p.1-6, 2020.

TAKANO, H.K.; OVEJERO, R.F.L.; BELCHIOR, G.; MAYMONE, G.; DAYAN, F.E. ACCaseInhibiting Herbicides: Mechanism of Action; Resistance Evolution and Stewardship for South America. **Scientia Agricola**, v. 78, p.1-11, 2021.

TARDIF, F. J.; HOLTUM, J. A. M.; POWLES, S. B. Occurrence of a herbicide resistant acetyl-Coenzyme-A carboxylase mutant in annual ryegrass (*Lolium rigidum*) selected by sethoxydim. **Planta**, v.190, p.176-181, 1993.

TOMAZINI, J.; VON, H.B.H.; DA SILVA B.L.T.; PENHA, L.A.O.; PASSINI, T. The population density of *Digitaria insularis* influences *Phaseolus vulgaris* agronomic traits. **Research, Society and Development**, v. 11(6), p. 1-14, 2022.

TRAVLOS, I., GAZOULIS, I., KANATAS, P., TSEKOURA, A., ZANNOPOULOS, S., PAPASTYLIANOU, P. Key factors affecting weed seeds' germination, weed emergence, and their possible role for the efficacy of false seedbed technique as weed management practice. **Frontiers in Agronomy**, v. 2, p. 1, 2020.

VILA-AIUB, M. M.; NEVE, P.; POWLES, S. B. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. *New Phytologist*, v. 184, p.751-767, 2009.

VILA-AIUB, M. M.; NEVE, P.; ROUX, F. A unified approach to the estimation and interpretation of resistance costs in plants. **Heredity**, v.107, p. 386-394, 2011.

VILA-AIUB, M. M., YU, Q., POWLES, S. B. Do plants pay a fitness cost to be resistant to glyphosate? **New Phytologist**, v. 223(2), p. 532-547, 2019

WANG, T.; PICARD, J. C.; TIAN, X.; DARMENCY, H. A herbicide-resistant ACCase 1781 *Setaria* mutant shows higher fitness than wild type. **Heredity**, v. 105, p. 394-400, 2010.

WANG, W.; WANG, W.; WANG, P.; WANG, X.; WANG, L.; WANG, C.; ... HUO, Z. Impact of straw return on soil temperature and water during the freeze-thaw period. **Agricultural Water Management**, v. 282, p. 108292, 2023.

YANNICCARI, M.; VILA-AIUB, M.; ISTILART, C.; ACCIARESI, H.; CASTRO, A. M. Glyphosate Resistance in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) is Associated with a Fitness Penalty. **Weed Science Society of America**, v. 64, p. 71–79, 2016.

ZOBIOLE, L.H.S.; KRENCHINSKI, F.H.; ALBRECHT, A.J.P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F.R.; ROSSI, C.; SILVA, R.R. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, p. 157-164, 2016.

6. Apêndices

Apêndice A. Análise de variância (ANOVA) para variável controle (%) com o herbicida glifosato, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	13796,250000	6898,1250000	107,85**	< 0,0001
Efeito Fator B	9	178797,70833	19866,412037	310,61**	< 0,0001
Ef. Interação AxB	18	23132,916667	1285,1620370	20,09**	< 0,0001
(Tratamentos)	29	215726,87500	-	-	-
Resíduo	90	5756,2500000	63,958333333	-	-
Total	119	221483,12500	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: doses de glifosato.

Apêndice B. Análise de variância (ANOVA) para variável redução da massa seca da parte aérea (%) com o herbicida glifosato, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	8734,2230019	4367,1115009	17,17**	< 0,0001
Efeito Fator B	8	117662,31942	14707,789928	57,84**	< 0,0001
Ef. Interação AxB	16	23522,874548	1470,1796593	5,78**	< 0,0001
(Tratamentos)	26	149919,41697	-	-	-
Resíduo	81	20596,810725	254,28161389	-	-
Total	107	170516,22770	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: doses de glifosato.

Apêndice C. Análise de variância (ANOVA) para variável controle (%) com o herbicida haloxifope-P-metílico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	100657,91667	50328,958333	1088,19**	< 0,0001
Efeito Fator B	9	115232,50000	12803,611111	276,83**	< 0,0001
Ef. Interação AxB	18	52933,750000	2940,7638889	63,58**	< 0,0001
(Tratamentos)	29	268824,16667	-	-	-
Resíduo	90	4162,5000000	46,250000000	-	-

Total	119	272986,66667	-	-	-
-------	-----	--------------	---	---	---

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: doses de haloxifop.

Apêndice D. Análise de variância (ANOVA) para variável redução da massa seca da parte aérea (%) com o herbicida haloxifope-P-metilico, aos 42 DAA. Mogi Mirim-SP, 2021.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	114841,16745	57420,583723	319,68**	< 0,0001
Efeito Fator B	8	44226,241352	5528,2801690	30,78**	< 0,0001
Ef. Interação AxB	16	35221,758620	2201,3599138	12,26**	< 0,0001
(Tratamentos)	26	194289,16742	-	-	-
Resíduo	81	14549,011000	179,61741975	-	-
Total	107	208838,17842	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: doses de haloxifop.

Apêndice E. Análise de variância (ANOVA) para variável nº de plantas germinadas dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à zero horas de fotoperíodo, Dourados-MS, 2022.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	18,250000	9,125000	1,424	0,2502
Efeito Fator B	5	21235,666667	4247,133333	662,735	< 0,0001
Ef. Interação AxB	10	435,583333	43,558333	6,797	<0,0001
(Tratamentos)	20	21691,166667	-	-	-
Resíduo	51	326,833333	6,408497	-	-
Total	71	22018,000000	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: diferentes temperaturas.

Apêndice F. Análise de variância (ANOVA) para variável IVG dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à zero horas de fotoperíodo, Dourados-MS, 2022.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	2130,125986	1065,062993	25,142	0,0001
Efeito Fator B	5	143965,341610	28793,068322	679,694	0,0001
Ef. Interação AxB	10	3380,133970	338,013397	7,979	0,0001
(Tratamentos)	20	149553,318625	-	-	-
Resíduo	51	2160,452046	42,361805	-	-
Total	71	151713,770671	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: diferentes temperaturas.

Apêndice G. Análise de variância (ANOVA) para variável n^o de plantas germinadas dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à oito horas de fotoperíodo, Dourados-MS, 2022.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	133,583333	66,791667	5,598	0,0063
Efeito Fator B	5	1344,166667	268,833333	22,532	0,0001
Ef. Interação AxB	10	188,750000	18,875000	1,582	0,1389
(Tratamentos)	20	1771,000000	-	-	-
Resíduo	51	608,500000	11,931373	-	-
Total	71	2379,500000	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: diferentes temperaturas.

Apêndice H. Análise de variância (ANOVA) para variável IVG dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à oito horas de fotoperíodo, Dourados-MS, 2022.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	1517,167370	758,583685	11,638	0,0001
Efeito Fator B	5	63565,225966	12713,045193	195,048	0,0001
Ef. Interação AxB	10	2889,326589	288,932659	4,433	0,0002
(Tratamentos)	20	68683,88655	-	-	-
Resíduo	51	3324,139337	65,179203	-	-
Total	71	72008,025887	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: diferentes temperaturas.

Apêndice I. Análise de variância (ANOVA) para variável n° de plantas germinadas dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à doze horas de fotoperíodo, Dourados-MS, 2022.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	47,861111	23,930556	1,845	0,1684
Efeito Fator B	5	1701,444444	340,288889	26,235	0,0001
Ef. Interação AxB	10	134,638889	13,463889	1,038	0,4262
(Tratamentos)	20	1922,944444	-	-	-
Resíduo	51	661,500000	12,970588	-	-
Total	71	2584,444444	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: diferentes temperaturas.

Apêndice J. Análise de variância (ANOVA) para variável IVG dos biótipos suscetível, resistente simples e múltipla x as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, à doze horas de fotoperíodo, Dourados-MS, 2022.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Efeito Fator A	2	1454,593175	727,296588	11,932	0,0001
Efeito Fator B	5	61415,786804	12283,157361	201,517	0,0001
Ef. Interação AxB	10	3637,470755	363,747076	5,968	0,0001
(Tratamentos)	20	66599,530128	-	-	-
Resíduo	51	3108,625868	60,953448	-	-
Total	71	69708,155996	-	-	-

*Fator A: resistência simples, múltipla e suscetível; Fator B: diferentes temperaturas.