

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

SILVIO DOUGLAS FERREIRA

**RESISTÊNCIA AO GLIFOSATO EM BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis* E NÍVEL DE
DANO ECONÔMICO EM SOJA E MILHO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2019

SILVIO DOUGLAS FERREIRA

**RESISTÊNCIA AO GLIFOSATO EM BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis* E NÍVEL DE
DANO ECONÔMICO EM SOJA E MILHO**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Dr. Neumárcio Vilanova da Costa

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ferreira, Silvio Douglas

Resistência ao glyphosate em biótipos de *Digitaria insularis* e nível de dano econômico em soja e milho / Silvio Douglas Ferreira; orientador(a), Neumárcio Vilanova da Costa, 2019.

178 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Planta daninha. 2. Capim-amargoso . 3. *Glycine max*.
4. *Zea mays*. I. Costa, Neumárcio Vilanova da. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



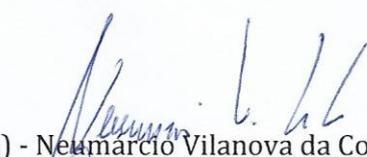
PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

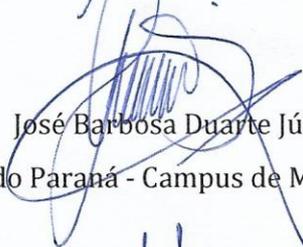
SILVIO DOUGLAS FERREIRA

Resistência ao glifosato em biótipos de *Digitaria insularis* e nível de dano econômico em soja e milho

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:


Orientador(a) - Neumarcio Vilanova da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


José Barbosa Duarte Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


Shirley Martins Silva

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)


Adriana Fiorini Rosado

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)


Cíntia Maria Teixeira Fialho

Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR - Campus de Santa Helena (UTFPR)

Marechal Cândido Rondon, 13 de junho de 2019

Aos meus avós maternos, José Janoca e Olívia Francisca (*in memorian*),
Paternos, Manuel A. Ferreira (*in memorian*) e Severina S. S. Ferreira (*in memorian*);

A meus pais, Luiz Ramos Ferreira e Josefa Janoca da Silva Ferreira;

A minha esposa e parceira Juliana F. C. C. Ferreira,

E minha filha Luiza F. C. C. Ferreira;

Enfim, a todos os familiares

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus todo poderoso, meu porto seguro que sempre me proporcionou graça incondicional.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE *Campus* Marechal Cândido Rondon, pelo apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela disponibilidade da vaga. A Assistente de Coordenação do PPGA Leila Dirlene Allievi Werlang por todo suporte nos processos burocráticos do programa durante o todo período.

Ao conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo, em nível de doutorado.

Aos meus pais (Luiz e Josefa) e irmãs (Silvia, Areta, Iza, Érica e Crisley), e a todos os meus tios, por sempre torcerem pelo meu sucesso, nos estudos e na vida.

A minha esposa e parceira Juliana Farias Coelho Câmara Ferreira, pelo carinho, crítica e ajuda durante todo o período.

Ao meu orientador Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa pela orientação, paciência, disposição, incentivo, apoio, crítica e outros sempre que necessário.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Agronomia da UNIOESTE, por transmitirem seus conhecimentos para contribuir com minha formação.

As professoras e colaboradoras Dra. Adriana Fiorini Rosado e Dra. Shirley Martins Silva, pelos ensinamentos.

Aos coordenadores do núcleo de estação experimental da UNIOESTE, Eurídes Küster Marcedo Junior, Paulo Sérgio Rabello de Oliveira.

Aos funcionários da estação experimental Alceu Andreolli, Cleiton R. Hansel, Marcelo Lang, Ademar da Silva, Flávio Goetz, Lauro Koenig, Dirlene Hartleben, Alceu Hartleben que me ajudaram durante este período e foram importantes para implantação dos experimentos durante todos os anos.

Aos técnicos, Jucenei Fernando Frandaloso do laboratório de solos, Viviane Ruppenthal do laboratório de irrigação e tecnologia de aplicação e Neusa Francisca Michelin do laboratório de tecnologia de sementes por contribuírem em algumas avaliações/análises.

Aos colaboradores Pablo Coutinho, Iza Galdino, Adriano Mitio Inagaki, enquanto assumiram a posição de técnicos do laboratório de irrigação e tecnologia de aplicação.

Aos colegas do grupo de estudo em matologia do Oeste do Paraná (GEMOP), João Ricardo Ramella, Gustavo Moratelli e Vanessa Exteckoetter pela ajuda e disponibilidade na condução do experimento, enquanto eram alunos e colaboradores.

Aos colegas do GEMOP Adriana Cologni Salvalaggio, Anderson Marcel Gibbert e Hiago Canavessi, que não mediram esforços para contribuir com o desenvolvimento dos experimentos.

Aos novos membros do GEMOP, Djeisson Scheibner, Douglas Mengarda e Matheus pela contribuição.

Aos colegas de Pós-graduação e do GEMOP, Jaqueline Barbosa de Araujo, Vitor Gustavo Kuhn, Dyogo Bortot e Daiane Bernadi, que contribuíram incansavelmente para o sucesso das pesquisas.

Aos colegas de Pós-doutorado e do GEMOP, Antonio Carlos e Lindomar Assi, que também cooperaram para realização dos trabalhos.

A Marcelo Augusto Pastório que tornou-se um dos principais amigos e que contribuiu diuturnamente para realização deste trabalho e de outros.

Aos colegas de estudos Lucas Guilherme Bulegon André Battitus, Adriano Mitio, Luis Offemann e Deise Candorin pela ajuda e convivência.

“Se alguém te oferecer uma oportunidade incrível,
mas você não tem certeza de que consegue fazer,
diga sim - e depois aprenda como fazer”

Richard Branson

“Se há um segredo de sucesso, ele consiste na habilidade
de aprender o ponto de vista da outra pessoa e
ver as coisas também pelo ângulo dela como pelo seu”

Henry Ford

Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porem há os que lutam a vida toda.
Esses são “imprescindíveis”.

Bertolt Brecht

BIOGRAFIA

SILVIO DOUGLAS FERREIRA – Nascido no município de Timbaúba, Estado de Pernambuco, aos 31 dias do mês de dezembro do ano de 1978, filho de Luiz Ramos Ferreira e Josefa Janoca da Silva Ferreira. Durante a infância e adolescência conviveu trabalhando na agropecuária, o que despertou o interesse pela atividade.

Iniciou os estudos na Escola Estadual Coronel Luiz Ignácio Pessoa de Mello, em Aliança – PE, depois se transferiu para Centro de Formação e Treinamento de Professores em Alagoa Grande – PB, onde concluiu o ensino fundamental. cursou o ensino médio na escola estadual de ensino fundamental e médio padre Hildon Bandeira (EEEFM), também em Alagoa Grande – PB.

Estudou no Colégio Agrícola Vidal de Negreiros (CAVN), vinculado à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) entre 2001 e 2002 onde se formou Técnico em Agropecuária. Exerceu a função de Técnico em Agropecuária durante quatro anos na Pfizer produtos animal, atuando principalmente na área de sanidade animal no Estado do Rio Grande do Norte.

Ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) *Campus* Mossoró, em agosto de 2008. Em 2009, transferiu-se para a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* Marechal Cândido Rondon, onde se graduou Engenheiro Agrônomo em 2013. Durante a graduação foi presidente do Centro Acadêmico de Agronomia (C. A. Agro) por dois mandatos. Atuou em diversos projetos de extensão sendo também bolsista do PROEXT, por duas vezes. Foi estagiário na área de pesquisa e desenvolvimento técnico de mercado junto à empresa Syngenta.

Foi aluno de mestrado do programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNIOESTE, entre os anos de 2014 e 2015, com estudos voltados à biologia das plantas daninhas. Desde o ano de 2014, iniciou atividades no grupo de estudo em matologia do Oeste do Paraná (GEMOP), com estudos na área de biologia das plantas daninhas, matocompetição, manejo alternativo de plantas daninhas, manejo químico e tecnologia de aplicação de defensivos. Durante o doutorado estudou o nível de dano econômico da *D. insularis* na cultura do milho e da soja.

RESUMO

FERREIRA, Silvio Douglas, Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, maio de 2019. **Resistência ao glyphosate em biótipos de *Digitaria insularis* e nível de dano econômico em soja e milho safrinha.** Orientador: Neumárcio Vilanova da Costa.

A *Digitaria insularis* tem se destacado pela resistência ao glyphosate, alterações biológicas, difícil controle e também pelos prejuízos causados na cultura da soja e do milho. Portanto, se ocorre alteração dos fatores biológicos que funcionam como mecanismos de resistências em populações de *D. insularis* resistente, pode ocorrer alteração no nível de dano econômico deste biótipo na cultura da soja e do milho safrinha. Diante do exposto o trabalho teve como objetivos avaliar a absorção e translocação do herbicida glyphosate, o acúmulo do ácido chiquímico, as características anatômicas das folhas e o Nível de Dano Econômico na cultura da soja e do milho safrinha de duas populações de *D. insularis* (resistente e suscetível) coletadas em áreas agrícolas no Paraná. Primeiramente realizou-se o teste para comprovar a resistência e o Fator da Resistência (FR_{80}). No estudo da absorção e translocação do herbicida glyphosate e o acúmulo do ácido chiquímico, utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×9 , com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelos biótipos de *D. insularis* (resistente e suscetível) e o segundo fator, pelo tempo de contato do herbicida com as folhas das plantas m^{-2} de *D. insularis* (0; 2; 4; 8; 12; 24; 36; 48 e 72 horas). Para determinar a absorção, verificou-se o percentual de controle das plantas. O acúmulo de ácido chiquímico nos biótipos de *D. insularis* foi determinado nas folhas colhidas que não receberam a pulverização. Para os experimentos do Nível de Dano Econômico na cultura da soja e milho safrinha foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 2×5 , com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu aos biótipos de *D. insularis* (suscetível e resistente) e segundo fator, as densidades de 0; 7; 14; 28 e 56 plantas m^{-2} de *D. insularis*. O teste preliminar da confirmação do grau de resistência dos biótipos de *D. insularis*, indicaram a resistência do biótipo coletado na estação experimental da PUC Toledo – PR, com FR_{80} igual a 19,3. O controle do biótipo resistente observado as 28 DAA foi considerado satisfatório (80%) quando o herbicida permaneceu por 48 horas em

contato com a folha aplicada. Enquanto, no biótipo suscetível o controle satisfatório ocorreu a partir das oito horas de contato do herbicida com a folha. No biótipo resistente, o acúmulo de ácido chiquímico aumentou em 1,8 vezes do 0 para as 12 HAA. No suscetível foi verificado que o acúmulo aumentou duas vezes. Não houve alteração no Nível de Dano Econômico na cultura da soja entre os biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. Ao considerar o baixo custo de controle da *D. insularis* e o elevado preço de venda da soja para a safra 2017/18, foi possível determinar o Nível de Dano Econômico de 0,86 plantas m⁻² da *D. insularis*. Na cultura do milho safrinha, os Níveis de Dano Econômicos foram diferentes para os biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. As diferenças podem ter ocorrido principalmente em virtude das condições ambientais verificadas entre os anos avaliados. Portanto, considerando os valores médios dos grãos e do custo de controle para o ano 2017 o Nível de Dano Econômico foi de 17,4 e 22,9 plantas m⁻² do biótipo resistente e suscetível, respectivamente e em 2018 o Nível de Dano Econômico ficou em 13,7 plantas m⁻² do biótipo resistente e 11,6 plantas m⁻² para o biótipo suscetível.

Palavras-chave: Planta daninha. Capim-amargoso. *Glycine max*. *Zea mays*.

ABSTRACT

FERREIRA, Silvio Douglas, Agronomist, State University of Western Paraná, may of 2019. **Resistance to glyphosate in biotypes of *Digitaria insularis* and economic threshold level in soy and corn safrinha.** Advisor: Neumárcio Vilanova da Costa.

The *Digitaria insularis* has been distinguished by glyphosate resistance, biological alterations, difficult control and also the damage caused to soybean and corn. Therefore, if there is a change in the biological factors that act as resistance mechanisms in resistant *D. insularis* populations, there may be a change in the of Economic Threshold Level of this biotype in soybean and safrinha corn crop. Given the above, the objective of this work was to evaluate the absorption and translocation of glyphosate herbicide, the accumulation of shikimic acid, the anatomical characteristics of the leaves and the Economic Threshold Level in soybean and safrinha corn of two populations of *D. insularis* (resistant and susceptible) collected in agricultural areas in Paraná state. First the test was performed to prove the resistance and the Resistance Factor (FR_{80}). In the study of the absorption and translocation of glyphosate herbicide and the accumulation of shikimic acid, a randomized complete block design in a 2x9 factorial scheme with four replications was used. The first factor was *D. insularis* biotypes (resistant and susceptible) and the second factor was the time of herbicide contact with the leaves of *D. insularis* plants m^{-2} (0; 2; 4; 8; 12; 24, 36, 48 and 72 hours). To determine the absorption, the percentage of control of the plants was verified. Shikimic acid accumulation in *D. insularis* biotypes was determined on harvested leaves that did not receive spraying. For the Economic Threshold Level experiments on soybean and safrinha corn, a randomized complete block design was used, in a 2x5 factorial scheme, with four replications. The first factor corresponded to *D. insularis* biotypes (susceptible and resistant) and the second factor, the densities of 0; 7; 14; 28 and 56 *D. insularis* plants m^{-2} . The preliminary test to confirm the degree of resistance of *D. insularis* biotypes indicated the resistance of the biotype collected at PUC Toledo - PR experimental station, with FR_{80} equal to 19.3. The control of the resistant biotype observed at 28 DAA was considered satisfactory (80%) when the herbicide remained for 48 hours in contact with the applied leaf. In the susceptible biotype, satisfactory control occurred after eight hours of herbicide contact with the leaf. In resistant

biotype, shikimic acid accumulation increased by 1.8 times from 0 to 12 HAA. In the susceptible it was verified that the accumulation increased twice. There was no change in the Economic Threshold Level on soybean crop among glyphosate resistant and insects susceptible *D. insularis* biotypes. Considering the low cost of *D. insularis* control and the high selling price of soybean for the 2017/18 crop, it was possible to determine the Economic Threshold Level of 0.86 plants m⁻² of *D. insularis*. In safrinha corn crop, Economic Threshold Levels were different for glyphosate resistant and susceptible *D. insularis* biotypes. The differences may have occurred mainly due to the environmental conditions verified between the evaluated years. Therefore, considering the average values of grains and control cost for the year 2017 the Economic Threshold Level was 17.4 and 22.9 plants m⁻² of the resistant and susceptible biotype, respectively and in 2018 the Economic Threshold Level. It was 13.7 plants m⁻² for the resistant biotype and 11.6 plants m⁻² for the susceptible biotype.

Keywords: Weed. Sourgrass. *Glycine max.* *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Porcentagem de controle (A) e massa seca da parte aérea (B) aos 28 dias após aplicação de glyphosate em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) em plantas de 2 a 4 perfilhos.....49
- Figura 2.** Doses-respostas em biótipos de *D. insularis* aos 28 dias após aplicação de glyphosate, em plantas de 2 a 4 perfilhos.50
- Figura 3.** Controle aos 28 dias em biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate (1260 g ha⁻¹), em função das períodos de absorção do herbicida.52
- Figura 4.** Porcentagem de controle aos 28 dias em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) ao glyphosate, em função das horas de corte das folhas após a aplicação do herbicida.....53
- Figura 5.** Massa seca, aos 28 dias, em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) ao glyphosate, em função das horas de corte das folhas após a aplicação.54
- Figura 6.** Acúmulo de chiquimato aos 28 dias em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) ao glyphosate, em função das horas após a aplicação.56
- Figura 7.** Vista paradérmica, destacando os estômatos da face abaxial das folhas de *D. insularis* resistente (A) e suscetível (B) ao glyphosate, no estágio V₆.57
- Figura 8.** Seção transversal da lâmina foliar dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate destacando a: célula buliforme (cb), espessura da lâmina foliar (eli), espessura da distância entre os feixes terciários (dft), bainha vascular (bv) (A), cordão de fibra (cf), xilema (xi), floema (fl), cutícula (cu), bainha vascular (bv) (B) e espessura da quilha (eq) do biótipo resistente (C) e suscetível (D), no estágio V₆.59
- Figura 9.** Dados pluviométricos em mm da área experimental, durante o período de condução do experimento de soja cultivada na safra de 2016/17 em Marechal Cândido Rondon-Paraná.....93

- Figura 10.** Altura de planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.....99
- Figura 11.** Área foliar de planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro...100
- Figura 12.** Massa seca total de planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.....101
- Figura 13.** Teor de nitrogênio foliar na planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. * significativo a 5% de probabilidade de erro.....102
- Figura 14.** Teor de fósforo foliar da planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. * significativo a 5% de probabilidade de erro.....103
- Figura 15.** Teor de potássio foliar da planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. * significativo a 5% de probabilidade de erro.....104
- Figura 16.** Número de vagens por planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.....105
- Figura 17.** Produtividade de soja em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.106
- Figura 18.** Eficiência agrônômica da soja em função da água e das diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro....108
- Figura 19.** Nível de dano econômico na soja em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.109
- Figura 20.** Dados de precipitação e temperatura semanal da área experimental, durante o período de condução do primeiro experimento (safrinha de 2017), em Marechal Cândido Rondon-Paraná.141

- Figura 21.** Dados de precipitação e temperatura semanal da área experimental, durante o período de condução do segundo experimento (safrinha de 2018), em Marechal Cândido Rondon-Paraná. 143
- Figura 22.** Altura de planta de milho no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nas safrinhas de 2017 e 2018. ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro. 150
- Figura 23.** Área foliar de planta de milho no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nas safrinhas de 2017 e 2018. * significativo a 5% de probabilidade de erro. 151
- Figura 24.** Massa seca total de planta de milho no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nas safrinhas de 2017 e 2018. ** significativo a 1% de probabilidade de erro. 152
- Figura 25.** Teor de Nitrogênio foliar de milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro. 153
- Figura 26.** Teor de Fósforo foliar de milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). * significativo a 5% de probabilidade de erro. 154
- Figura 27.** Teor de Potássio foliar de milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro. 155
- Figura 28.** Produtividade de milho em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro. 156
- Figura 29.** Eficiência agrônômica do milho em função da água, submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro. 157

Figura 30. Estimativa de NDE no milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis* resistente (A) e suscetível (B) ao glyphosate durante o ano 2017, considerando o custo de controle (CC) e preço de comercialização do milho (PC).** significativo a 1% de probabilidade de erro..... 161

Figura 31. Estimativa de NDE no milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis* resistente (A) e suscetível (B) ao glyphosate durante o ano 2018, considerando o custo de controle (CC) e preço de comercialização do milho (PC). 163

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Local, área e coordenadas geográficas de coleta das sementes dos biótipos de *Digitaria insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon – PR, 2019.....40
- Tabela 2.** Espessura da lâmina foliar (ELI), espessura da quilha (EQ), espessura do parênquima clorofiliano (EPC), número de estômatos (NE), índice estomático (IE), espessura da cutícula na face adaxial (ECD) e abaxial (ECB), espessura da paredes tangenciais externas na face adaxial (EPD), espessura da paredes tangenciais externas na face abaxial (EPB) e comprimento das células buliformes (CB) de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.....58
- Tabela 3.** Valores médios do diâmetro do feixe vascular central (DFC), diâmetro feixe secundário (DFS), distância entre feixes vasculares terciários (DFT) e diâmetro das células da bainha vascular dos feixes terciários (DCB) dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.60
- Tabela 4.** Tamanho do cordão de fibra associado a quilha na face adaxial (TCD), tamanho do cordão de fibra associado a quilha na face abaxial (TCB) e tamanho dos cordões de fibras localizadas na região internervural na face abaxial (TCIB) dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.....61
- Tabela 5.** Área do floema do feixe vascular central (AFC), área do floema dos feixes vasculares secundários (AFS), tamanho do xilema do feixe vascular central (TXC) e tamanho do xilema dos feixes vasculares secundários (TXS) dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.61
- Tabela 6.** Estratégias de controle de plantas daninhas utilizadas na dessecação da área, pré-semeadura e pós-emergência da cultura da soja de verão no Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, Paraná, BR.....96
- Tabela 7.** Quadrados médios, média geral e coeficiente de variação da análise de variância referentes a: Altura de planta (ALT), Área foliar (AF), Massa seca total (MST), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), número de vagens (NV), Produtividade (PROD) e Eficiência agrônômica da soja em função da água (EASFA)

de soja em competição com biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, cultivada na safra de 2016/17 em Marechal Cândido Rondon-Paraná. .98

Tabela 8. Estratégias de controle de plantas daninhas utilizadas na dessecação da área, pré-semeadura e pós-emergência da cultura do milho safrinha, no Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon-Paraná 2019..... 147

Tabela 9. Quadrados médios, média geral e coeficiente de variação da análise de variância referentes a: Altura de planta (ALT), Área foliar (AF), Massa seca total (MST), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), Produtividade (PROD) e Eficiência agrônômica do milho em função da água (EAMFA) de plantas de milho em competição com biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, cultivado nas safrinha de 2017 (E1) e 2018 (E2) em Marechal Cândido Rondon-Paraná..... 149

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	24
2. CAPÍTULO 1 - MECANISMOS DE RESISTÊNCIA AO GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS DE <i>Digitaria insularis</i> RESISTENTE E SUSCETÍVEL.....	25
2.1. RESUMO	25
2.2. ABSTRACT	27
2.3. INTRODUÇÃO	29
2.4. REVISÃO	31
2.4.1. <i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde.....	31
2.4.2. O glyphosate	33
2.4.3. Resistência das Plantas Daninhas ao Glyphosate	35
2.4.4. Alterações Biológicas Ocasionadas pela Resistência ao glyphosate.....	37
2.5. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.5.1. Comprovação de Resistência dos Biótipos de <i>D. insularis</i> ao glyphosate.....	40
2.5.2. Absorção e Translocação do Glyphosate e Acúmulo de Ácido Chiquímico	43
2.5.3. Caracterização Anatômica das Folhas	46
2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
2.6.1. Comprovação de Resistência dos Biótipos de <i>D. insularis</i> ao glyphosate.....	48
2.6.2. Absorção e Translocação do Glyphosate e Acúmulo de Ácido Chiquímico	52
2.6.3. Caracterização Anatômica das Folhas de <i>Digitaria insularis</i>	57
2.7. CONCLUSÕES.....	63
2.8. REFERÊNCIAS.....	64

3. CAPÍTULO 2 - NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE BIÓTIPOS DE <i>Digitaria insularis</i> RESISTENTE E SUSCETÍVEL AO GLYPHOSATE NA CULTURA DA SOJA.	79
3.1. RESUMO	79
3.2. ABSTRACT	80
3.3. INTRODUÇÃO	81
3.4. REVISÃO	83
3.4.1. A Cultura da Soja	83
3.4.2. Plantas Daninhas	84
3.4.3. <i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde	85
3.4.4. A Interferência das Plantas Daninhas na Cultura da Soja	86
3.4.5. Nível de Dano Econômico	88
3.5. MATERIAL E MÉTODOS	90
3.5.1. Localização e Descrição do Experimento	90
3.5.2. Delineamento Experimental	90
3.5.3. Preparo da Área Experimental e Produção das Mudanças dos Biótipos de <i>D. insularis</i> Para o Experimento de Campo	90
3.5.4. Semeadura da Soja	91
3.5.5. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade da Soja	91
3.5.6. Eficiência Agronômica da Soja em Função da Água	93
3.5.7. Análise Estatística	94
3.5.8. Determinação do Nível de Dano Econômico	94
3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
3.6.1. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade da Soja	97
3.6.2. Nível de Dano Econômico (NDE) da <i>D. insularis</i> na Cultura da Soja	109

3.7. CONCLUSÃO	111
3.8. REFERÊNCIAS.....	112
4. CAPÍTULO 3 - NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE BIÓTIPOS DE <i>Digitaria insularis</i> SUSCETÍVEL E RESISTENTE AO GLYPHOSATE NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA	125
4.1. RESUMO	125
4.2. ABSTRACT	127
4.3. INTRODUÇÃO	129
4.4. REVISÃO	132
4.4.1. A Cultura do Milho	132
4.4.2. Plantas Daninhas	133
4.4.3. <i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde	134
4.4.4. Interferência das Plantas Daninhas	135
4.5. MATERIAL E MÉTODOS.....	139
4.5.1. Localização e Descrição da Área Experimental	139
4.5.2. Delineamento Experimental	139
4.5.3. Preparo da Área Experimental e Produção das Mudas dos Biótipos de <i>D. insularis</i> para o Experimento de Campo	139
4.5.4. Primeiro Experimento (E1 / Safrinha 2017).....	140
4.5.4.1. Caracterização do Híbrido CD 384 PW	140
4.5.4.2. Semeadura do Milho no Primeiro Experimento	140
4.5.4.3. Precipitação e Temperatura do Experimento 1	141
4.5.5. Segundo Experimento (E2 / Safrinha 2018).....	141
4.5.5.1. Caracterização do Híbrido DKB 330 Pro3	141
4.5.5.2. Semeadura do Milho no Segundo Experimento	142
4.5.5.3. Unidades Experimentais.....	142
4.5.5.4. Precipitação e Temperatura do Experimento 2	142

4.5.6. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade do Milho	143
4.5.7. Eficiência Agronômica do Milho em Função da Água.....	144
4.5.8. Análise Estatística	145
4.5.9. Determinação do Nível de Dano Econômico	145
4.5.10. Análise Estatística	146
4.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	148
4.6.1. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade do Milho	148
4.6.2. Nível de Dano Econômico (NDE) das <i>D. insularis</i> no Milho Safrinha.....	160
4.7. CONCLUSÃO	165
4.8. REFERÊNCIAS.....	166

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil destaca-se na produção mundial de grãos, especialmente soja e milho, que representam cerca de 89% dos grãos produzidos e que tem expectativa de produção em torno 120,1 milhões de toneladas soja e 91,1 milhões de toneladas milho na safra 2018/2019 (USDA, 2018).

No estado do Paraná, segundo maior produtor de grãos do Brasil, predomina o cultivo em sucessão soja na primavera e o milho safrinha no verão/outono, que são semeados no sistema de semeadura direta (CONAB, 2018). No Paraná, em 94% de área de soja e 92% da área de milho são utilizadas sementes transgênicas com resistência ao glyphosate (ISAAA, 2018).

Para controlar as plantas daninhas nos cultivos da soja e do milho utiliza-se principalmente o glyphosate. Entretanto, a utilização demasiada deste herbicida tem causado a seleção e alteração na resistência e no ciclo biológico de biótipos de várias plantas daninhas, entre elas a *Digitaria insularis* resistentes (CARVALHO et al., 2012; FERREIRA et al., 2018; GOMES et al., 2017; MELO et al., 2015).

A *D. insularis* tem sido considerada a planta daninha mais frequente nas áreas de cultivo da soja e do milho e, como consequência tem causado baixo rendimento destas culturas. No entanto, estas perdas dependem do número de plantas por área e do período de competição (GALVÃO et al., 2014).

Até o presente momento, não existe estudo relacionado a convivência de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate em uma mesma safra na cultura da soja ou do milho. Portanto, torna-se extremamente importante avaliar o efeito de diferentes densidades de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate.

Devido à necessidade de entender melhor as diferenças nos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, realizou-se uma pesquisa, dividida em três capítulos. O primeiro capítulo teve como objetivo avaliar a absorção e translocação do herbicida glyphosate e o acúmulo do ácido chiquímico, bem como as características anatômicas das folhas em duas populações de *D. insularis* coletadas em áreas agrícolas no Paraná. No segundo capítulo determinou-se o nível de dano econômico de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate na cultura da soja. O capítulo três teve como objetivo determinar o nível de dano econômico de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate na cultura do milho safrinha.

2. CAPÍTULO 1 - MECANISMOS DE RESISTÊNCIA AO GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis* RESISTENTE E SUSCETÍVEL

2.1. RESUMO

As plantas daninhas estão sendo selecionadas pelo uso inadequado do herbicida glyphosate, e as consequências são alterações na anatomia, morfologia e na fisiologia das plantas resistentes. Os objetivos do trabalho foi avaliar a absorção e translocação do herbicida glyphosate e as características anatômicas das folhas, como mecanismo de resistência em duas populações de *D. insularis* coletadas em áreas agrícolas no Paraná. Para o estudo da absorção e translocação do herbicida glyphosate, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x9, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelos biótipos de *D. insularis* (resistente e suscetível) e o segundo fator, pelo tempo de contato do herbicida com as folhas das plantas m⁻² de *D. insularis* (0; 2; 4; 8; 12; 24; 36; 48 e 72 horas). A aplicação do glyphosate foi realizada quando as plantas apresentavam cinco folhas verdadeiras. Foi utilizada uma dose equivalente a 1080 g ha⁻¹ de glyphosate (Roundup Original 360). Antes de aplicar o herbicida, a planta foi isolada com sacos plásticos para que apenas uma folha da planta recebesse a pulverização. Para avaliar a absorção e translocação do glyphosate nos biótipos de *D. insularis*, a cada intervalo pré-estabelecido (0; 2; 4; 8; 12; 24; 36; 48 e 72 horas após a aplicação), foram seccionadas as folhas das plantas próximo a bainha. Aos 28 dias após aplicação (DAA), foi avaliado o controle dos biótipos de *D. insularis*. O acúmulo de ácido chiquímico nos biótipos de *D. insularis* foi determinado nas folhas colhidas do lado oposto à folha que sofreu a pulverização. Foi colhida uma folha por planta em quatro repetições por tratamento. Ao final das avaliações, também foi determinada a massa seca da parte aérea. Para avaliar as características anatômicas das folhas, utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com dez repetições. Os tratamentos foram compostos pelos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. Foram utilizadas plantas originária de sementes de geração F₁. Quando as plantas apresentavam seis folhas verdadeiras, foram colhidas as duas últimas folhas completamente expandida por planta. Foi utilizado o terço médio de duas folhas de cada repetição nas secções histológicas. As secções foram feitas de forma manual, com o auxílio de lâminas de barbear. Para

cada variável foram avaliados dez cortes, obtidos de plantas diferentes. O controle do biótipo resistente observado aos 48 DAA foi considerado satisfatório (80%) quando o herbicida permaneceu por 48 horas em contato com a folha aplicada. Enquanto, no biótipo suscetível o controle satisfatório ocorreu a partir das oito horas de contato do tratamento com a folha. No biótipo resistente o acúmulo de ácido chiquímico aumentou em 1,8 vezes do 0 para as 12 HAA. No suscetível, foi verificado que o acúmulo aumentou duas vezes. Pode-se concluir que o biótipo resistente ao glyphosate coletado no município de Toledo apresentou menor absorção e translocação e 39,4% menos acúmulo de ácido chiquímico comparado ao suscetível.

Palavras-chave: Herbicida. Absorção. Translocação. Ácido chiquímico. Características anatômicas.

2.2. ABSTRACT

MECHANISMS OF RESISTANCE TO GLYPHOSATE IN BIOTYPES OF RESISTANT AND SUSCEPTIBLE *Digitaria insularis*

The objective of this work was to evaluate the absorption and translocation of the herbicide glyphosate and the anatomical characteristics of the leaves, as a mechanism of resistance in two populations of *D. insularis* collected in agricultural areas in Paraná. For the study of glyphosate herbicide uptake and translocation, the experimental design was a randomized block design, in a 2x9 factorial scheme, with four replications. The first factor was constituted by the biotypes of *D. insularis* (resistant and susceptible) and the second factor, by the time of contact of the herbicide with the leaves of plants m^{-2} of *D. insularis* (0; 2; 4; 8; 12; 24, 36, 48 and 72 hours). The application of glyphosate was performed when the plants had 5 true leaves. Was used the dose equivalent to 1080 g ha^{-1} of glyphosate (Roundup Original 360). Before applying the herbicide, the plant was isolated with plastic bags so that only one leaf of the plant was sprayed. In order to evaluate the glyphosate uptake and translocation in the *D. insularis* biotypes at each pre-established interval (0; 2; 4; 8; 12; 24; 36; 48; 72 hours after application) plants near the hem. At 28 days after application (DAA), the control of *D. insularis* biotypes was evaluated. The accumulation of shikimic acid in the biotypes of *D. insularis* was determined on leaves harvested from the opposite side of the leaf that was sprayed. One leaf per plant was harvested in four replicates per treatment. At the end of the evaluations, the aerial part dry mass was also determined. The middle third of two leaves of each replicate was used in the histological sections. The sections were made manually with the aid of razor blades. For each variable were evaluated ten cuts, obtained from different plants. Control of the resistant biotype observed at 48 DAA was considered satisfactory (80%) when the herbicide remained for 48 hours in contact with the applied leaf. While in the susceptible biotype the satisfactory control occurred from the eight contact hours of the treatment with the leaf. In the resistant biotype the shikimic acid accumulation increased by 1.8 times from 0 to 12 HAA. In the susceptible it was verified that the accumulation increased twice. It can be concluded that the resistant biotype collected in the municipality of Toledo presented lower

absorption and translocation and 39.4% less accumulation of shikimic acid compared to susceptible.

Keywords: Herbicide. Absorption. Translocation. Shikimic acid. Anatomical characteristics.

2.3. INTRODUÇÃO

O gênero *Digitaria* envolve mais de 300 espécies distribuídas em todas as regiões do mundo (CANTO-DOROW; LONGHI-WAGNER, 2001). No Brasil, foram relatadas 26 espécies nativas e 12 exóticas, entre elas, a *Digitaria insularis* (L.) Fedde, conhecida popularmente como capim-amargoso (GEMELLI et al., 2012).

A *D. insularis* ocorre na maioria dos ambientes favoráveis à agricultura, e após a adoção do sistema de plantio direto passou a ter maior relevância, devido às recorrentes falhas no manejo de dessecação da área (BONNY, 2016; GREEN, 2014). A ocorrência de plantas *D. insularis* remanescentes na área de cultivo podem causar redução na produtividade da cultura da soja entre 23 a 44% (GAZZIERO et al., 2012), no entanto, para a cultura do milho ainda não se tem essa informação.

Após a introdução do sistema de semeadura direta, adotado no Paraná desde 1970, e do uso de culturas transgênicas tolerantes ao glyphosate a partir de 2005, a principal ferramenta para o controle das plantas daninhas passou a ser o manejo químico, especialmente com o glyphosate que passou a ser o herbicida mais comercializado para ser utilizado nas culturas da soja e do milho em pré ou pós-emergência das culturas (DAVIS; FRISVOLD, 2017; MUZILLI, 1981; RIBEIRO; MARIN, 2012).

Na região Oeste do Paraná, antes do cultivo da safra de primavera/verão (soja ou milho) geralmente realiza-se a dessecação da área com glyphosate. Neste momento, as áreas à serem manejadas já se encontram infestadas de plantas daninhas adultas (dispersando sementes) ou perenizadas (difícil de ser controladas), reduzindo a eficiência do manejo.

As falhas na dessecação e o não uso de pré-emergentes, faz com que seja necessário um novo manejo com glyphosate (GEMELLI et al., 2013; PARREIRA et al., 2010; PROCÓPIO et al., 2006; ZOBIOLE et al., 2016). A reaplicação do glyphosate pode ser novamente prejudicada, desta vez, pela presença da palhada e das touceiras mal dessecadas que protegem as plântulas (efeito guarda-chuva) (MACHADO et al., 2006; TIMOSSI, 2009).

No cultivo do milho safrinha, tanto o manejo da dessecação quanto o controle em pós-emergência das plantas daninhas são baseados no uso do glyphosate. Se contabilizar o número das aplicações do glyphosate na safra e safrinha constata-se que podem ser repetidas até cinco vezes na mesma área

(FERREIRA et al., 2018; VARGAS et al., 2007), e algumas vezes com doses superiores as recomendadas (MATHEIS et al., 2006). O resultado deste elevado número de aplicações de glyphosate tem sido o aumento na pressão de seleção de plantas resistentes (CARPEJANI; OLIVEIRA jr. 2013; MELO et al., 2015; MONDO et al., 2010).

Dentre as plantas daninhas resistentes ao glyphosate, a *D. insularis* está entre as espécies que apresentam o maior número de casos relatados no Brasil (BRUNHARO et al., 2014; GAZOLA et al., 2016; POWLES; YU, 2010). O mecanismo de resistência aos herbicidas verificados nas plantas daninhas podem ser explicados pela absorção e/ou translocação reduzida do herbicida ao sítio de ação (ALCANTARA DE LA CRUZ et al., 2016; CARVALHO et al., 2011; NANDULA et al., 2012), metabolização da molécula do herbicida para substâncias não tóxicas (GE et al., 2010; SAMMONS; GAINES, 2014), compartimentalização da molécula de herbicida em locais inativos da planta e mutações na sequência de DNA (CARVALHO et al., 2012; KAUNDUN et al., 2011; YU et al., 2015) e a superexpressão do gene EPSPS que traduz a proteína alvo (sítio de ação) (GONZÁLEZ-TORRALVA et al., 2014; SALAS et al., 2015).

No caso da *D. insularis*, os mecanismos de resistência ao glyphosate podem estar relacionados às alterações na anatomia foliar, na absorção e translocação diferencial e ainda em mutações genéticas (CARVALHO et al., 2011; TAKANO et al. 2017).

Barroso et al. (2015) realizaram estudos com a *D. insularis* resistente e suscetível, e observaram que o número de estômatos foliares nos biótipos resistentes em estágio V6 era 31,8% menor.

Em outros trabalhos, foi verificado que houve 22% mais translocação de glyphosate e até 5,7 vezes mais acúmulo de ácido chiquímico no biótipo de *D. insularis* suscetível comparado ao resistente (BARROSO, 2013; CARVALHO et al., 2012). Os autores ainda encontraram mutações nas plantas resistentes, na sequência de aminoácidos que traduzem a proteína, nas posições 182 e 310 da enzima EPSPS e descreveram que estas alterações precisam ser mais estudadas.

De acordo com Lopez-Ovejero et al. (2017) a ocorrência de populações de *D. insularis* resistentes ao glyphosate no Brasil pode ser resultado de combinação de características biológicas e de práticas agrícolas que adotam especificamente o glyphosate como herbicida nas áreas de cultivo de soja e milho. Portanto, torna-se

importante a determinação dos fatores biológicos que funcionam como mecanismo de resistência em populações de *D. insularis*, coletadas em diversas áreas agrícolas.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar as características anatômicas das folhas, a absorção e translocação do herbicida glyphosate, como mecanismo de resistência em duas populações de *D. insularis* coletadas em áreas agrícolas no Paraná.

2.4. REVISÃO

2.4.1. *Digitaria insularis* (L.) Fedde

A *Digitaria insularis* pertence a família Poaceae e teve origem nas regiões tropicais e subtropicais da América, sendo que no Brasil esta espécie encontra-se amplamente distribuída (CARPEJANI; OLIVEIRA jr., 2013; PEREIRA; VELINI, 2003).

Trata-se de uma espécie que apresenta característica herbácea, com metabolismo fotossintético C₄, crescimento inicial lento, tem ciclo perene, entouceirada, ereta, raiz fasciculada e rizomatosa, colmos estriados, com até 150 cm de comprimento, folhas com lâminas acuminadas e lineares com bainha longa que contém um pouco de pêlo e lígula membranácea (KISSMANN; GROTH, 1997; MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). A *D. insularis* apresenta inflorescência em posição terminal com hastes compridas, com panículas ramificadas que podem medir 30 cm, as espiguetas têm tricomas sedosos e podem ser ovaladas a lanceoladas (CARVALHO et al., 2011).

A propagação ocorre via rizomas ou por sementes que são revestidas por muitos tricomas, que ajudam na dispersão a longas distâncias por serem levadas pelo vento, animais e até mesmo por máquinas (GEMELLI et al., 2012; LOPEZ-OVEJERO, 2017). Uma touceira de *D. insularis* pode produzir cerca de 41 perfilhos (FRATINE; MESCHÉDE, 2016), com potencial de produção entre 6,5 a 65 mil sementes, considerando uma estação de crescimento (FERREIRA, 2016; FRAGA et al., 2016).

As sementes da *D. insularis* apresentam os maiores níveis de germinação e emergência quando a temperatura está entre 20 e 35 °C (MONDO et al., 2010), entretanto, já foram verificadas germinação e emergência ocorrendo durante os meses mais frios (maio a julho) com temperatura média abaixo de 19 °C (FERREIRA

et al., 2018), aumentando o banco de sementes e colonizando áreas de lavouras, pastagens, beira de estradas e terrenos baldios (MACHADO et al., 2008).

No sistema de semeadura direta foram constatados que as plantas de *D. insularis* apresentaram até seis fluxos de emergência com taxas próximas de 30% (LACERDA, 2003). Quando a *D. insularis* germina na primavera, com fotoperíodo crescente, floresce com 80 a 100 DAE e acumula mais massa seca nas folhas e caules (53% da massa total) (CARVALHO; NICOLAI, 2016). No final do verão, em condição de fotoperíodo decrescente, a planta floresce entre 63 e 70 DAE e o acúmulo de massa seca das folhas e caules representa 50% do peso total da planta (MACHADO et al., 2006).

O controle da *D. insularis* deve ser preconizado quando as plantas são jovens (originárias de sementes), ou seja, até 35 dias após a emergência com controles entre 90 e 100% (BARROSO et al., 2014; MELO et al., 2017). Pois, quando se tenta o controle das populações adultas (com rizoma formado), têm exigido doses maiores de glyphosate, com pouco sucesso no controle devido a resistência (CORREIA et al., 2010).

Em relação ao potencial dano causado pela convivência da *D. insularis* com a cultura da soja, foi possível verificar redução na produtividade de até 44% (GAZZIERO et al., 2012).

O Fator de Resistência (FR) ao glyphosate verificado em populações de *D. insularis* tem variado de acordo com o local de coleta das sementes. Já foram constatados FRs que variaram de 1,07 a 129,1 (PAVAN, 2018). As variações observadas nos FRs se deve principalmente ao tipo do manejo empregado na área. Como medidas de controle da *D. insularis*, Melo et al. (2012), verificaram que o uso de herbicidas glyphosate em mistura com inibidores da ACCase são as melhores alternativas para o controle de biótipos de *D. insularis* resistentes ao glyphosate, com média de controle de 96%.

Portanto, fica comprovado que as medidas de controle das plantas daninhas especialmente a *D. insularis*, devem ser adotadas quando as plantas ainda estiverem no estágio inicial de desenvolvimento e, sempre que possível, deve-se utilizar herbicidas diferente do glyphosate.

2.4.2. O glyphosate

O glyphosate contém o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo e caracteriza-se por ser um herbicida sistêmico não seletivo usado amplamente para o controle de plantas daninhas. No mercado existem várias formulações glyphosate que apresentam diferenças quanto ao tipo de sal utilizado (sal de isopropilamina, sal de amônio e sal de potássio) (SANTOS et al., 2007) e concentração do ingrediente ativo (BAUR; APONTE, 2014).

O glyphosate difere dos outros herbicidas por ser o único que consegue bloquear a rota enzimática do shiquimato. Após ser absorvido pela planta, o herbicida atua na inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintetase (EPSPS), que produz EPSP de shiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato (PEP) na formação do acúmulo de ácido chiquímico (DUKE, 2017). A inibição da EPSPS impede a biossíntese de aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina nas plantas sensíveis, que são necessários para a síntese de proteínas (GOMES et al., 2015; ORCARAY et al., 2012; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

A absorção do glyphosate ocorre através da parte aérea das plantas, atingindo a absorção máxima 96 horas após a aplicação, sendo translocado via simplasto com fotoassimilados das folhas para o tecido meristemático até alcançar o local-alvo (CRUZ-HIPOLITO et al., 2011; KRUSE, TREZZI; VIDAL, 2000). O glyphosate possui comportamento ácido fraco em água, contém quatro constantes de dissociação variável (pKa entre 2,6 a 10,3) que apresenta absorção celular facilitada por meio de carreadores de fosfato presentes nas membranas celulares (CARVALHO et al., 2009; COUTINHO; MAZO, 2005).

Os sintomas do glyphosate começam a ser visíveis nas plantas a partir do sétimo dia, inicialmente com amarelecimento das folhas, seguido de necrose (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000) e morte da planta entre 21 a 28 dias após aplicação (FERREIRA et al., 2017).

Em virtude das características apresentadas pelo glyphosate (boa eficiência e baixo custo), o herbicida tornou-se muito importante na agricultura (DUKE, 2018). Entretanto, a expansão de áreas agrícolas com culturas transgênicas (resistentes ao glyphosate), principalmente soja e milho, associada ao elevado uso ou a aplicação incorreta do glyphosate nas culturas transgênicas, selecionou plantas daninhas com resistência, devido às falhas de controle.

As falhas no controle das plantas daninhas, causada pelo uso do glyphosate isolado (CERDEIRA et al., 2011), fizeram com que alguns agricultores aplicassem doses maiores de glyphosate (1440 g ha^{-1}) em relação aquela recomendada de 1080 g ha^{-1} (MATHEIS et al., 2006), causando maior pressão de seleção nas plantas daninhas, entre elas a *D. insularis* (YANNICCARI et al., 2016).

Entre as alternativas para manejar a *D. insularis* de maneira eficiente, destaca-se o uso de glyphosate associado a herbicidas inibidores da ACCase (graminícidas) ou até mesmo a herbicidas pré-emergentes (VARGAS et al., 2005), porém deve ser levado em consideração o porte da planta.

Os piores resultados na tentativa de controlar a *D. insularis* foram observados quando as plantas já estavam perenizadas e em pleno florescimento. Em pesquisas realizadas por Zobiole et al. (2016) com *D. insularis* perenizadas com média de 36 perfilhos e altura de 1,2 metros, as melhores misturas dos herbicidas glyphosate + haloxyfop-methyl ($1200 + 130 \text{ g ha}^{-1}$) e glyphosate + clethodim ($1200 + 192 \text{ g ha}^{-1}$) não atribuíram nem 74% de controle. Situação que também foi verificada por Gemelli et al. (2013) e Parreira et al. (2010).

Em contrapartida, no estudo realizado por Barroso et al. (2014), em que foi utilizado os herbicidas glyphosate a base de: sal de isopropilamina, sal de potássio e sal de amônio em misturas com quizalofop, haloxyfop, clethodim e sethoxydim em plantas de *D. insularis* que apresentavam quatro folhas e obtiveram controles próximos de 100% e redução da massa das plantas acima de 95% aos 28 DAA.

De acordo com Melo et al. (2012), os tratamentos que o herbicida glyphosate misturado aos graminícidas como: glyphosate + sethoxydim ($1440 + 230 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + haloxyfop-methyl ($1440 + 60 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + fluazifop-p-butyl ($1440 + 125 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + fenoxaprop + clethodim ($1440 + 50 + 50 \text{ g ha}^{-1}$) e glyphosate + tepraloxydim ($1440 + 100 \text{ g ha}^{-1}$) são alternativas viáveis de controle para o biótipo de *D. insularis* resistente ao glyphosate que apresentam de três a cinco perfilhos com 30 a 40 cm de altura, pois apresentam controles entre 91 e 98,8%.

Em um outro estudo que visou controlar a *D. insularis*, Melo et al. (2017) testaram o uso de herbicidas pré-emergentes como alternativas e mostraram que os herbicidas atrazina (2500 g ha^{-1}), Isoxaflutole (60 g ha^{-1}), S-metolachlor (1440 g ha^{-1}), clomazone (1000 g ha^{-1}), diuron (2000 g ha^{-1}) e flumioxazin (50 g ha^{-1}) foram eficientes para o controle de *D. insularis* até 80 dias após a aplicação dos

mesmos, com controle acima de 85%. Na mesma pesquisa, os herbicidas pós-emergentes nicosulfuron (60 g ha^{-1}), imazapic + imazapyr ($52,5 + 17,5 \text{ g ha}^{-1}$), atrazina (3000 g ha^{-1}), haloxyfop-methyl (60 g ha^{-1}) e tepraloxymidim (100 g ha^{-1}) apresentaram média de controle de 99% aos 35 DAA em plantas que apresentavam de um a dois perfilhos.

Portanto, fica evidente que o sucesso no controle das plantas daninhas depende do uso correto das doses de herbicidas e do momento correto das dessecações (ALCANTARA et al., 2016; FERREIRA et al., 2017). Além de que, os manejos químicos adotados para controlar a *D. insularis* devem seguir critérios técnicos que possam resultar no sucesso do manejo adotado.

Além do mais, devido à dificuldade de controle das plantas de *D. insularis*, torna-se necessário o monitoramento da área de produção para reduzir a aplicação de glyphosate e evitar um possível aumento no fator de resistência dos biótipos *D. insularis* que já estão resistentes. A principal alternativa passa pela adoção do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), que preconiza o manejo cultural, o controle mecânico e em último caso o controle químico com rotação de mecanismo de ação dos herbicidas.

2.4.3. Resistência das Plantas Daninhas ao Glyphosate

A resistência aos herbicidas ocorre quando as plantas daninhas sobrevivem e completam o ciclo de vida com reprodução de sementes após aplicação de herbicidas em doses normalmente letais para populações de plantas daninhas consideradas suscetíveis, com sobrevivência dos biótipos considerados resistentes (BRUNHARO et al., 2014; VENCILL et al., 2012), que ocorrem em baixas densidades (ALCANTARA DE LA CRUZ et al., 2016). Espécies tolerantes a glyphosate como a *Ipomoea hederifolia*, *I. triloba*, *Commelina benghalensis* e *Richardia brasiliensis* conseguem sobreviver a doses entre 1440 e 2160 g ha^{-1} (MONQUERO; CURY; CHRISTOFFOLETI, 2005).

Os casos de resistência de plantas daninhas ao glyphosate vêm ocorrendo há mais de 30 anos pelo mundo (CARVALHO et al., 2011; SZÉKÁCS; DARVAS, 2012). O primeiro caso de resistência em um biótipo de *D. insularis* ao glyphosate no mundo, foi relatado no Paraguai, em 2005 (WEED SCIENCE, 2019).

No Brasil, o primeiro caso de resistência ao glyphosate foi identificado no Azevém (*Lolium perenne* ssp. *multiflorum*), em 2003, sendo necessário aumentar a dose em 16 vezes para se obter apenas 45% de controle do biótipo resistente (ROMAN et al., 2004). Depois foram identificadas duas espécies de Buva resistentes em 2005 (*Conyza bonariensis* com FR entre 10,4 a 14,8 e *C. canadensis* com FR entre 7,1 a 10,8) (LAMEGO; VIDAL, 2008; MOREIRA et al., 2007); em 2010 foi confirmada a resistência de outra espécie de Buva (*C. sumatrensis*) com FR entre 2,8 e 9,5 (SANTOS et al., 2014); em 2014, o Capim-branco (*Chloris elata*) foi relatado resistente com FR de 5,4 (BRUNHARO et al., 2016); em 2015, foi constatada na região do Mato Grosso (Brasil), a introdução do Caruru-palmeri (*Amaranthus palmeri*) espécie invasora nativa da América do Norte, e que, para seu controle, foi necessário aumentar a dose de glyphosate em 10,8 vezes, comparado com a dose necessária para o controle das espécies *A. hybridus* nativas do Brasil (CARVALHO et al., 2015); e em 2016, foi observada a resistência no Pé-de-galinha (*Eleusine indica*) com FR máximo de 6,8 (TAKANO et al., 2017).

No Brasil, o primeiro relato de Capim-amargoso (*D. insularis*) resistente foi em 2008 com FR de 6,4 (ADEGAS et al., 2010). Desde então, o número de relatos de casos de capim-amargoso resistente aumentou consideravelmente no país (BARROSO et al., 2015).

Na literatura, esta relatada diversos casos de resistência em populações de *D. insularis* de área agrícolas brasileiras, que apresentam grandes variações quanto ao Fator de Resistência (FR). Alguns valores de FR foram descritos por Martins et al. (2016) que notaram FR = 3,1 e Reinert et al. (2013) que encontraram FR > 16. No Oeste do Paraná, Ferreira et al. (2018) verificaram FRs entre 2,7 e 7,7, enquanto que, Licorini et al. (2015) constataram o FR com variação de 6,2 a 16,8. Entre os valores de FR observados no Oeste paranaense, Pavan (2018), descreveu FR > 129 em biótipos obtidos no município de Assis Chateaubriand, portanto, este passa a ser o local considerado com maior problema para se controlar as plantas.

Considerando os diversos relatos de resistência, fica evidente que os estudos de monitoramento de resistência são úteis, pois correlacionam a resistência aos herbicidas com práticas regionais adotadas nos manejos das plantas daninhas (LOPEZ-OVEJERO et al., 2017), juntamente com os resultados destas pesquisas podem explicar porque a *D. insularis* tornou-se a planta daninha mais problemática entre as espécies relatadas com resistência ao glyphosate no Brasil.

Devido ao aumento dos casos de resistência das plantas daninhas aos herbicidas, tornou-se necessário conhecer os mecanismos e os obstáculos nos tecidos vegetais das plantas daninhas para obter sucesso no controle químico (BURGOS et al., 2013). Diante destes fatos Melo et al. (2015), relataram que a absorção e a diferenciação enzimática não seriam os mecanismos pelos quais a *D. insularis* manifesta resistência ao glyphosate, e portanto, devem-se realizar maiores estudos para elucidação do problema.

2.4.4. Alterações Biológicas Ocasionadas pela Resistência ao glyphosate

O surgimento de biótipos resistentes decorre da alteração de diferentes mecanismos, que podem estar relacionados à anatomia foliar, absorção e translocação e alteração da enzimas alvo (DNA) (POWLES, 2008; POWLES; YU, 2010).

Nas folhas das plantas resistentes foram verificadas alterações que impõe diversas barreiras para o herbicida ser absorvido (FERREIRA et al., 2003). Entre as principais modificações foram verificadas a maior ou menor a presença e quantidade de tricomas e de estômatos e na variação da espessura e composição da camada cuticular (HESS; FALK, 1990; SANTOS et al., 2002).

As características relacionadas aos estômatos e tricomas podem mudar na mesma espécie em função da idade da planta ou ter relação apenas com a resistência. Barroso et al. (2015) realizaram estudos com a *D. insularis* resistente e suscetível, e observaram que no estágio V₄ o biótipo suscetível apresentou menor número de estômatos (126) e tricomas (0) por mm² de folha comparado ao biótipos resistentes no mesmo estágio, com 134 estômatos e 2 tricomas. Na mesma pesquisa foi verificada uma inversão drástica nos valores, o biótipo suscetível no estágio V₆ apresentou 264 estômatos e 106 tricomas por mm² foliar, enquanto nos biótipos resistentes, os valores foram de 180 estômatos e 38 tricomas por mm².

Em relação à redução na absorção e/ou translocação, foi verificado que nos biótipos *D. insularis* resistentes ao glyphosate a absorção foi mais lenta após 72 horas, com 3,3; 5 e 5,7 vezes mais acúmulo de ácido chiquímico no biótipo de *D. insularis* suscetível (CARVALHO et al., 2011). Os autores ainda descrevem que mesmo em plantas novas, com 3 a 4 folhas, ocorre menos translocação de

glyphosate nos biótipos resistentes em relação ao suscetível, e que o padrão da resistência ao glyphosate apresentado pela *D. insularis* ainda deve ser mais estudado.

Em estudos com biótipos resistentes de *Conyza bonariensis* tratados com glyphosate, foi observado que a translocação dos biótipos resistentes reduziram em média 50% comparado ao biótipos suscetível (DINELLI et al., 2008). Em *Lolium rigidum*, foi relatado que as populações resistentes translocaram entre 15% a 19% menos herbicida do que plantas suscetíveis (WAKELIN et al., 2004) e *L. multiflorum*, foi observado que 24 h após aplicação do tratamento 51,5% do glyphosate tinha se movimentado na planta, enquanto no biótipo suscetível apenas 29,1% translocou-se (PEREZ-JONEZ et al., 2005).

O primeiro relato da alteração da enzima alvo do herbicida glyphosate foi verificado em biótipos de *Eleusine indica*, na Malásia, com a substituição do aminoácido prolina por uma serina na Pro-106 (Pro-106-Ser) (LEE; NGIM, 2000). Entretanto, em outra pesquisa com *E. indica*, foi observado que o mecanismo de resistência ao glyphosate envolveu substituição de uma prolina por serina ou treonina na posição 106 no gene da EPSPS (BAERSON et al., 2002; KAUNDUN et al., 2011; MOLIN et al., 2013).

Em outro caso de resistência com *E. indica*, juntamente com as alterações de aminoácidos houve a amplificação do gene da EPSPS em plantas resistentes (CHEN et al., 2015). Esse fato ocorreu pela dupla mutação no sítio de ação da enzima (T102I e P106S), que confere à população mutante elevados níveis de resistência (RF>10) e se a mutação for simples pode conferir níveis intermediários de resistência ao glyphosate (FR<10) (YU et al., 2015).

Na *D. insularis*, Carvalho et al. (2012) verificaram duas alterações de aminoácidos que ocorreram nas posições 182 e 310 da EPSPS, com alteração de prolina por treonina e tirosina por cisteína, respectivamente). Também na *D. insularis*, Galeano et al. (2016) observaram duas mudanças do aminoácido, a primeira na posição 15 da EPSPS com alteração da prolina por treonina e tirosina e a posição 143 da EPSPS, alterando a tirosina para cisteína), com maior atividade enzimática nos biótipos resistentes.

Já no estudo realizado por Nandula et al. (2014) com *Amaranthus spinosus* e Gaines et al. 2013) em *A. palmeri*, a mutação ocorreu posição 316 de todos os

fragmentos da EPSPS dos indivíduos resistentes com uma substituição de uma lisina por arginina.

Portanto, acredita-se que o biótipo de *D. insularis* resistente, utilizado no presente estudo, pode apresentar características biológicas que tenham sido alteradas.

2.5. MATERIAL E MÉTODOS

2.5.1. Comprovação de Resistência dos Biótipos de *D. insularis* ao glyphosate

2.5.1.1. Coleta das Sementes dos Biótipos de *D. insularis*

As sementes dos biótipos de *D. insularis* foram coletadas em populações provenientes de áreas agrícolas distintas, localizadas no Estado do Paraná, conforme coordenadas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Local, área e coordenadas geográficas de coleta das sementes dos biótipos de *Digitaria insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon – PR, 2019.

Município	Área	Data	Coordenadas geográficas	
			Latitude	Longitude
Toledo (PR) (suspeita de resistência)	Estação experimental	08/01/16	24°43'12,5" S	53°46'58,9" O
Engenheiro Beltrão (PR) (suspeita de ser suscetível)	Lavoura de mandioca	05/12/15	23°09'02,9" S	52°26'10,5" O

A opção pelo biótipo oriundo de área de mandioca foi devido ao manejo adotado nestas áreas, que não faz uso de aplicação de glyphosate, enquanto na estação experimental ocorre o cultivo sucessivo de soja ou milho, com intensa aplicação de glyphosate no manejo das plantas daninhas (suspeito de resistência).

Para cada população foram coletadas sementes aleatoriamente em aproximadamente 50 plantas localizadas no centro da área, evitando-se as bordaduras. No procedimento de coleta das sementes, colocou-se a inflorescência dentro de um saco plástico e agitou-se até o desprendimento das sementes fisiologicamente maduras. Depois de colhidas, as sementes foram colocadas em sacos de papel "kraft" de 1Kg e armazenadas em câmara fria com temperatura e umidade controlada (10°C e 4,6%, respectivamente), sendo retiradas apenas no momento da semeadura.

2.5.1.2. Localização do Experimento

O experimento foi conduzido entre os meses de fevereiro e abril de 2016, em casa de vegetação, localizada nas seguintes coordenadas: 24°33'40" S de latitude, 54°04'12" O de longitude e 485 m de altitude.

2.5.1.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso no esquema fatorial, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído das doses (0; 28,1; 56,3; 112,5; 225; 450; 900; 1800; 3600 e 7200 g ha⁻¹ de glyphosate) (Roundup Original 360) e o segundo fator os biótipos (com e sem suspeita de resistência).

2.5.1.4. Implantação e Condução do Experimento

As sementes de geração F₀ foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo substrato orgânico comercial "HUMUSFERTIL" dia 05/02/2016. Aos 14 dias após a semeadura (DAS), foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3 dm⁻³, contendo solo de textura argilosa.

O solo utilizado apresentou as seguintes características: pH = 5,22 (CaCl₂); H+ Al = 4,67 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 3,34 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,32 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,15 cmol_c dm⁻³; P = 6,86 mg dm⁻³; MO = 17,77 g dm⁻³; SB = 4,81 cmol_c dm⁻³; CTC = 9,48 cmol_c dm⁻³ e V% = 50,74. Foi realizada a adubação de base com o formulado N-P-K (10-15-15), conforme recomendação de adubação para o milho (FAVERO, 2012). A utilização do formulado citado foi devido às culturas pertencerem à mesma família.

Durante a condução do experimento, as irrigações foram realizadas diariamente, durante três vezes ao dia.

2.5.1.5. Aplicação das Doses de glyphosate

A aplicação do glyphosate foi realizada aos 40 dias após emergência (DAE), quando as plantas apresentavam de 2 a 4 perfilhos com aproximadamente 12 cm de altura e excelente desenvolvimento vegetativo.

A pulverização foi realizada com auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com barra munida de quatro bicos, com pontas de jato plano (Modelo Magno ADGA 11002), espaçadas 50 cm entre si, com pressão constante de 2,5 kgf cm² e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, disposta a 50 cm de altura em relação às plantas.

As condições climáticas no momento das aplicações foram: temperatura com variação de 26,7 a 28,1 °C, umidade relativa de 62% e vento 4,3 km/h, entre as 8:20 e 9:00 horas.

Após a aplicação das doses do glyphosate, foi suspensa a irrigação por aproximadamente 12 horas para garantir a absorção do herbicida.

2.5.1.6. Avaliações

A eficiência no controle dos biótipos de *D. insularis* pelo glyphosate foi avaliada aos 28 dias após aplicação (DAA). As notas de controle foram atribuídas com base na escala em porcentagem de controle proposta por SBCPD (1995), em que o zero representa ausência total de injúrias e 100% à morte total das plantas. Ao final das avaliações visuais, também foi determinada a massa seca da parte aérea, por meio da coleta da parte aérea das plantas que foram secas em estufa à 65°C por 72 horas e depois pesadas.

2.5.1.7. Análise dos Dados

Os dados das porcentagens de controle e massa seca obtidas foram submetidos à análise de regressão e para o modelo matemático escolhido considerou-se a normalidade, a lógica do fenômeno biológico e o elevado coeficiente de determinação (R²).

Com os dados de controle (C) e massa seca (GR) observados para os biótipos de *D. insularis*, foi calculado o fator de resistência (FR).

O valor do FR expressa o número de vezes em que a dose necessária para proporcionar 50 ou 80% de controle da população resistente é maior que a dose que controla 50 ou 80% da população suscetível, sendo a resistência confirmada quando FR da resistente for maior que 1,0 (CHRISTOFFOLETI, 2002).

Considerando-se que o valor de 100% de controle nem sempre pode ser obtido em ensaios dose-resposta, após a realização das análises estatísticas, também calculou-se o fator de resistência (FR_{50}) e (FR_{80}) relacionado ao uso das doses de glyphosate, necessária para causar 50 e 80% de controle nas plantas, respectivamente, com base nas equações inversas aos modelos de acordo com Carvalho et al. (2005), Christoffoleti et al. (2008) e Lamego e Vidal (2008).

2.5.2. Absorção e Translocação do Glyphosate e Acúmulo de Ácido Chiquímico

2.5.2.1. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x9, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelos biótipos de *D. insularis* (resistente e suscetível) e o segundo fator, pelo tempo de contato do herbicida com a folhas das plantas de *D. insularis* (0; 2; 4; 8; 12; 24; 36; 48 e 72 horas após a aplicação (HAA)).

2.5.2.2. Implantação e Condução do Experimento

Neste experimento foram utilizadas plantas dos biótipos de *D. insularis* resistentes e suscetível ao glyphosate oriundas de sementes de geração F_1 , colhidas manualmente no experimento de campo, e armazenada em câmara fria com temperatura de 10°C e umidade relativa de 4,6%.

A semeadura ocorreu no dia 19/10/2018 e aos 14 dias após a semeadura (DAS), as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3 dm^{-3} , contendo solo de textura argilosa.

O solo utilizado apresentou as seguintes características: pH = 5,81 ($CaCl_2$); $H^+ Al = 3,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{+2} = 3,84 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{2+} = 1,89 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $K^+ = 0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $P = 31,20 \text{ mg dm}^{-3}$; $MO = 17,77 \text{ g dm}^{-3}$; $SB = 5,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $CTC = 9,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $V\% = 62,94$.

2.5.2.3. Aplicação das Doses de Glyphosate

A aplicação do glyphosate foi realizada quando as plantas apresentavam 5 folhas verdadeiras. Foi utilizada uma dose equivalente a 1260 g ha^{-1} de glyphosate (Roundup Original 360).

Antes de aplicar o herbicida, a planta foi isolada com sacos plásticos para que apenas uma folha da planta recebesse a pulverização.

A pulverização foi realizada com auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO_2 , equipado com barra munida de quatro bicos, com pontas de jato plano (Modelo Magno ADGA 11002), espaçadas 50 cm entre si, com pressão constante de $2,5 \text{ kgf cm}^2$ e volume de calda equivalente a 200 L ha^{-1} , disposta a 50 cm de altura em relação às plantas.

As condições climáticas no momento das aplicações foram: temperatura com variação de 29,8 a 31,2 °C, umidade relativa de 64% e vento 3,9 km/h, entre as 9:00 e 9:05 horas.

Após a aplicação das doses do glyphosate, foi suspensa a irrigação por aproximadamente 12 horas para garantir a absorção do herbicida.

2.5.2.4. Avaliações

Para avaliar a absorção e translocação do glyphosate nos biótipos de *D. insularis*, a cada intervalo pré-estabelecido (0; 2; 4; 8; 12; 24; 36; 48 e 72 HAA), as folhas das plantas foram seccionadas próximo à bainha, conforme metodologia utilizada por (SANTOS et al., 2007).

O acúmulo de ácido chiquímico nos biótipos de *D. insularis* foi determinado nas folhas que não receberam a pulverização.

Aos 28 dias após aplicação (DAA), foi avaliado o controle dos biótipos de *D. insularis*. As notas de controle foram atribuídas com base na escala em porcentagem de controle proposta por SBCPD (1995), onde o zero representa ausência total de injúrias e 100% à morte total das plantas.

Ao final das avaliações visuais, também foi determinada a massa seca da parte aérea, por meio da coleta da parte aérea das plantas cortada rente ao solo e posterior secagem em estufa a 65°C por 72 horas, para ser pesada.

Após cada horário estabelecido foi colhida uma folha por planta, nas quatro repetições. Para coletar as folhas, foi utilizada uma tesoura cortando as folhas rente ao caule, sendo estas folhas imediatamente embrulhadas em papel alumínio, colocadas e armazenadas em ultrafreezer -80°C (IULT 335/710 Vertical, Indrel, Brasil).

2.5.2.5. Extração e Quantificação do Ácido Chiquímico

Os discos de folhas dos biótipos de *D. insularis* foram macerados em nitrogênio líquido e inseridos em tubos do tipo *Eppendorf* de 1,5 ml. Para extração do chiquimato, foi adicionado 1 ml de ácido clorídrico (HCL) 1,25 M em cada tubo. As amostras foram agitadas em *Vortex* durante 5 minutos, e incubadas durante 30 minutos a 37°C em agitador do tipo shaker, a 130 rpm.

Após a incubação, as amostras foram centrifugadas a 12000 g por 10 minutos. Na sequência, alíquotas de 500uL foram transferidas para tubos do tipo Falcon, contendo 1 ml de ácido periódico a 1%. As amostras foram incubadas novamente a 37°C , por 60 minutos. Posteriormente, foi adicionado a cada tubo mais 1 ml da solução de hidróxido de sódio (0,6 M) e de sulfito de sódio (0,22 M).

As amostras foram homogeneizadas e a absorbância foi medida em espectrofotômetro digital a 380 nanômetros. Também foi calculada a curva padrão das doses conhecidas de chiquimato a 1,25M, os valores obtidos foram ajustados à equação linear.

Com os valores de absorbância e da equação linear, foi calculado a quantidade de ácido chiquímico nas plantas.

2.5.2.6. Análise Estatística

Os dados das porcentagens de controle, massa seca e acúmulo de ácido chiquímico nas plantas obtidas, foram submetidos à análise de regressão. Para o modelo matemático escolhido considerou-se a normalidade, a lógica do fenômeno biológico e o elevado coeficiente de determinação (R^2).

2.5.3. Caracterização Anatômica das Folhas

2.5.3.1. Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com dez repetições. O tratamento foi composto pelo biótipo de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate (Roundup Original 360).

2.5.3.2. Implantação e Condução do Experimento

Foram utilizadas sementes de geração F_1 , que estavam armazenadas em câmara fria com temperatura de 10°C e umidade relativa de 4,6%.

A semeadura ocorreu no dia 19/11/2018. Aos 14 dias após a semeadura (DAS), as plântulas foram transplantadas em vasos plásticos com capacidade de 3 dm⁻³, contendo solo de textura argilosa. Quando as plantas apresentavam 6 folhas verdadeiras, foram colhidas as duas últimas folhas completamente expandidas por planta.

As folhas coletadas foram levadas ao laboratório para a lavagem e separação. Após a lavagem, as folhas foram imediatamente fixadas em FAA 50 (formaldeído 37% ácido acético glacial e álcool 50% na proporção 1:1:18) (JOHANSEN, 1940) onde permaneceram por 48 horas. Após a fixação, o material foi mantido imerso em etanol 70%.

Para análise anatômica foi utilizado o terço médio de duas folhas de cada uma das repetições. Nessa região foram realizadas secções transversais à mão livre com auxílio de lâminas de barbear. As secções foram clarificadas em hipoclorito de sódio na concentração de 50%, lavadas com água destilada e coradas Azul de Alcian e Fucsina Básica (KRAUS; ARDUIN, 1997).

Para a observação dos estômatos em vista paradérmicas, porções o terço médio das folhas foram dissociadas com peróxido de hidrogênio e ácido acético em concentração 1:1 conforme metodologia adaptada de Franklin, (1945) e coradas com safranina 50%. Todas as lâminas foram montadas em meio semipermanente em glicerina 70% (ROESER, 1962). Todas as lâminas foram montadas em meio semipermanente em glicerina 70%. As imagens anatômicas foram capturadas utilizando-se microscópio óptico acoplado com câmera (modelo CMOS – Bioptika) e

conectado ao computador, sendo as avaliações realizadas com auxílio do programa TCapture 5.1.

2.5.3.3. Avaliações

Cada variável quantitativa foi obtida de dez secções anatômicas, retiradas de 10 diferentes folhas no biótipo resistente e suscetível. Na secção transversal da lâmina foliar, utilizou-se objetiva de 10X e 40X, para obtenção das medidas das seguintes características: espessura da lâmina foliar na região intercostal (ELI), espessura da quilha (EQ), espessura do parênquima clorofiliano (EPC), número de estômatos (NE), índice estomático (IE), espessura da cutícula da face adaxial (ECD), espessura da cutícula da face abaxial (ECB), espessura da parede tangencial externa das células epidérmicas na face adaxial (EPD), espessura da parede tangencial externa das células epidérmicas na face abaxial (EPB), comprimento das células buliformes (CB), diâmetro do feixe vascular central (DFC), diâmetro dos feixes vasculares secundários (DFS), distância entre feixes vasculares terciários (DFT), diâmetro das células da bainha vascular dos feixes terciários (DBV), tamanho do cordão de fibra associado a quilha na face adaxial (TCD), tamanho do cordão de fibra associado a quilha na face abaxial (TCB), tamanho dos cordões de fibras localizadas na região internervural na face abaxial (TCIB), área do floema do feixe vascular central (AFC), área do floema dos feixes vasculares secundários (AFS), tamanho do xilema do feixe vascular central (TXC), tamanho do xilema dos feixes vasculares secundários (TXS).

O índice estomático foi obtido pela fórmula: $IE = NE / (CE + NE) * 100$, em que IE é o índice estomático, NE é o número de estômatos e CE é o número de células epidérmicas.

2.5.3.4. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.6.1. Comprovação de Resistência dos Biótipos de *D. insularis* ao glyphosate

O teste preliminar da confirmação do grau de resistência dos biótipos de *D. insularis*, indicaram a resistência do biótipo coletado na estação experimental (município de Toledo) (Figura 1A). Para controlar o biótipo resistente (R) foi necessária a dose de 7200 g ha⁻¹ do glyphosate, entretanto, o biótipo suscetível (S) coletado na lavoura de mandioca (município de Engenheiro Beltrão) foi controlado com doses a partir de 225 g ha⁻¹ do glyphosate.

A dose estimada para o controle do biótipo S (CR₅₀) foi de 136,5 g ha⁻¹, enquanto, para o biótipo R foi de 3725 g ha⁻¹, portanto, o fator de resistência (FR₅₀) para o biótipo R foi de 27,3. Em relação aos dados de massa seca, a dose necessária para reduzir 50% da massa seca do biótipo S (GR₅₀) foi estimada em 115,6 g ha⁻¹ e para o biótipo R 1775 g ha⁻¹. Considerando os valores dos GR₅₀, fica estimado o FR₅₀ em 15,4 (Figura 1B).

Na Figura 2 pode-se observar visualmente o controle dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível.

No ano de 2018 sociedade brasileira de ciências das plantas daninhas (SBCPD), estabeleceu um novo protocolo que define os critérios para confirmação da resistência de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. Portanto, baseado nas novas propostas para obter o controle de 80% (CR₈₀) do biótipo S, foi estimado a dose de 309 g ha⁻¹, e para o biótipo R foi necessário aumentar a dose de glyphosate em 19,1 vezes, desta forma, foi preciso aplicar 5914,4 g ha⁻¹.

Com base na razão do CR₈₀ dos biótipos R e S, calculou-se que o FR₈₀ para o biótipo R foi 19,3. Não foi possível determinar o (GR₈₀) dos dois biótipos com as doses de glyphosate utilizadas.

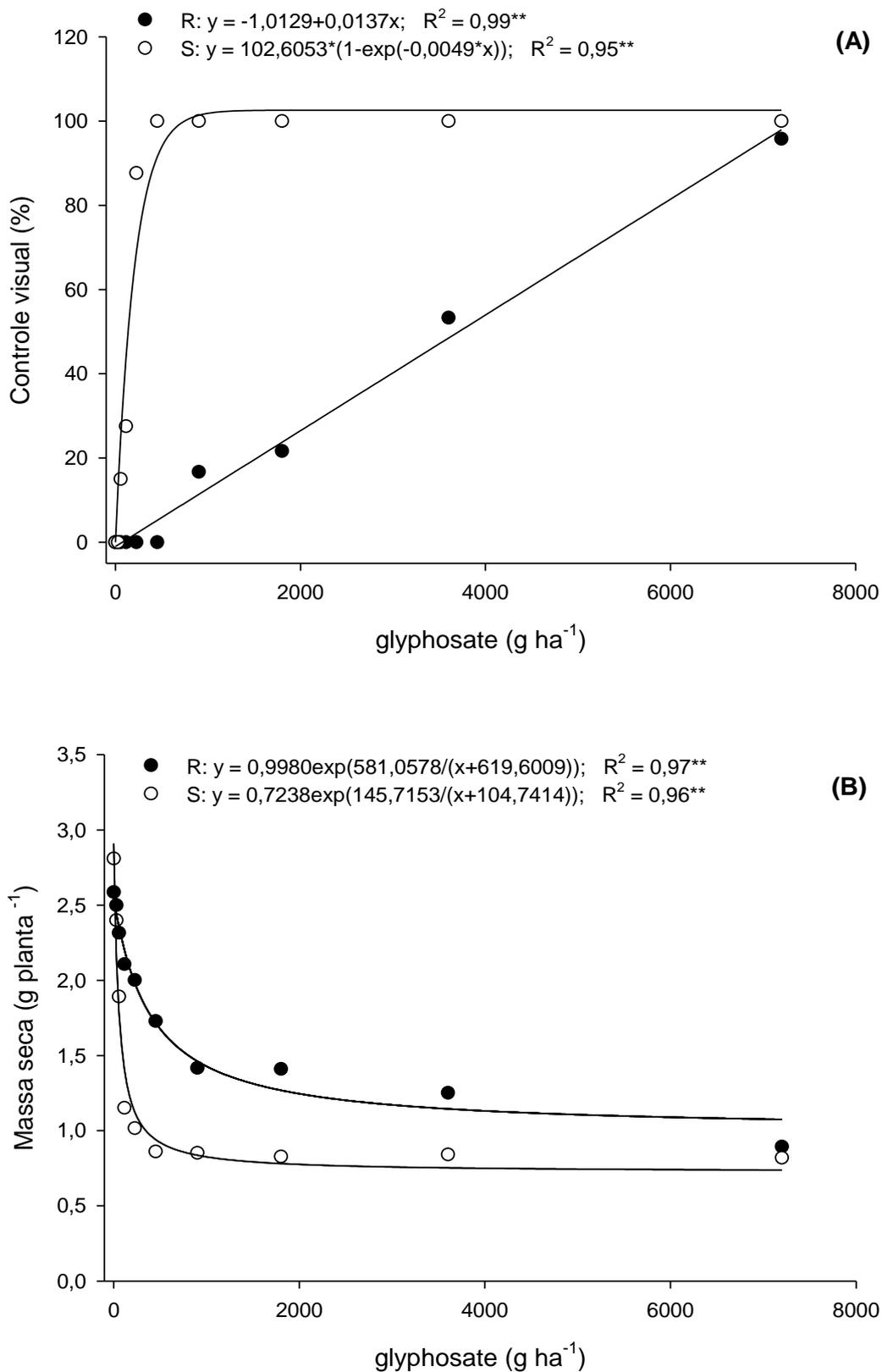


Figura 1. Porcentagem de controle (A) e massa seca da parte aérea (B) aos 28 dias após aplicação de glyphosate em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) em plantas de 2 a 4 perfilhos.

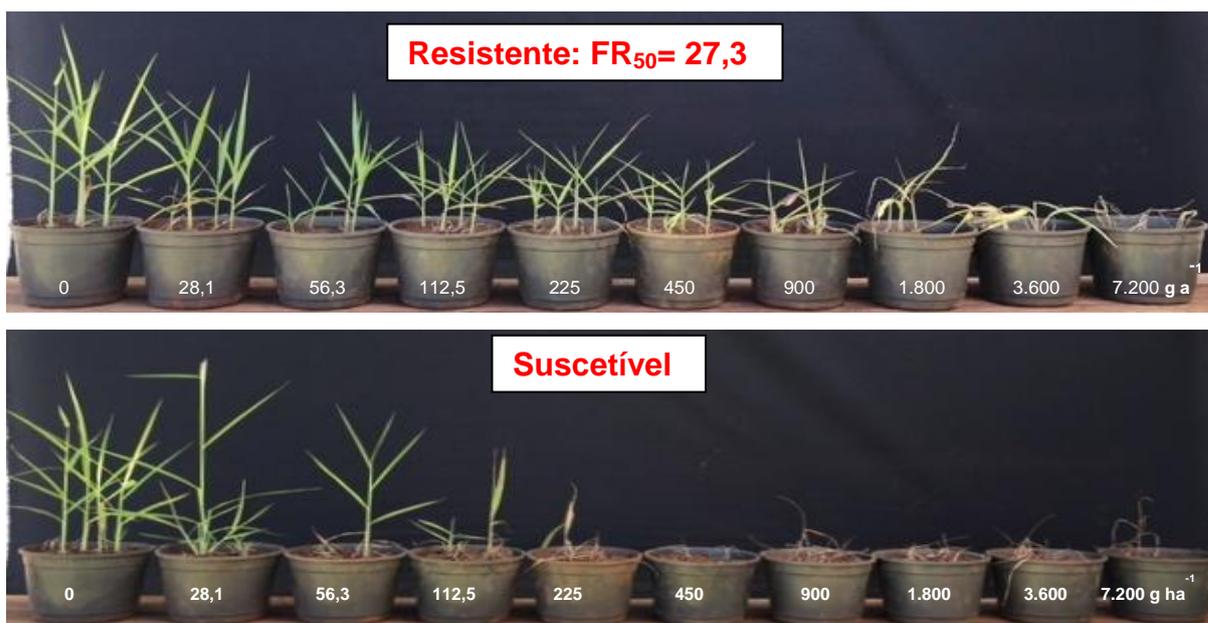


Figura 2. Doses-respostas em biótipos de *D. insularis* aos 28 dias após aplicação de glyphosate, em plantas de 2 a 4 perfilhos.

Ao considerar os resultados de controle observados neste experimento para o FR_{80} , o biótipo R passa a ser classificado como altamente resistente, pois, apresentou fator de resistência superior a dez, conforme foi proposto por Gazziero et al. (2008) e Heap (2005).

Em outros estudos de resistência com *D. insularis* coletadas em áreas agrícolas do município de Guaíra no Estado do Paraná, Adegas et al. (2010) determinaram $FR = 6,46$ para a população de *D. insularis* resistente e verificaram que foram necessários $1249,2 \text{ g ha}^{-1}$ de glyphosate para se alcançar valores de GR_{50} . Enquanto que Licorini et al. (2015) testaram populações coletadas em áreas de cultivo intensivo de soja-milho no Oeste (Cascavel e Palotina) e Norte (Maringá e Santa Mariana) paranaense e determinaram fatores de resistência com variação entre 6,26 a 16,88 com doses de glyphosate acima de $1437,68 \text{ g ha}^{-1}$.

Correia, Leite e Garcia (2010) realizaram experimento de dose-resposta em *D. insularis* que tiveram as sementes coletadas na área de produção de grãos da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP, Jaboticabal-SP, e determinaram o $FR = 6,2$ e que seria necessário 2309 g ha^{-1} de glyphosate para reduzir em 50% a massa seca do biótipo resistente.

Melo et al. (2015) testaram biótipos de *D. insularis* oriundos de áreas com cultivo de grãos provenientes do município de Campo Florido, em Minas Gerais, com histórico de 3 aplicações de glyphosate por ano. Neste estudo ficou determinado FR

= 4,01 e que doses entre 456,33 e 1030,89 g ha⁻¹ foram necessárias para reduzir em 50% a quantidade de massa seca.

Barroso et al. (2015) avaliaram um biótipo oriundo de área de citricultura do estado de São Paulo e determinaram o FR = 2,36 e dose 394,24 g ha⁻¹ de glyphosate para o GR₅₀. Martins et al. (2016) também testaram um biótipo de *D. insularis* oriundo de outra área de cítrus do Estado de São Paulo que está submetida a aplicações seguidas de glyphosate a cerca de 20 anos, neste caso foi determinado FR = 3,12 e GR₅₀ com dose de 301,7 g ha⁻¹ de glyphosate, comprovando a resistência do capim-amargoso ao glyphosate, entretanto, os valores de resistência são considerados como casos de baixo nível de resistência (GAZZIERO et al., 2008).

Os estudos de FR foram realizados em diversas plantas que apresentaram dificuldade no controle, o resultado foi uma grande variação de FR. Mueller et al. (2011), estudaram dois biótipos de *Eleusine indica* (um com suspeita de resistência e outro conhecidamente suscetível) e verificaram a existência de resistência ao glyphosate no Tennessee (EUA) com fator de resistência equivalente a 7,4.

Em plantas escapes de *Sorghum halepense* provenientes de áreas do Oeste de Mephis Estado do Arizona EUA, em que o herbicida glyphosate vinha sendo usado em lavouras de soja por mais de seis anos, o fator de resistência foi de 7,3 vezes após o estudo de curvas de dose-resposta (RIAR et al., 2011).

Alarcón-Reverte et al. (2013), estudaram através de experimentos de dose-resposta duas populações de plantas de *Echinochloa colona* coletado em Durham Norte da Califórnia, que recebeu aplicações de glyphosate por seis anos e encontraram fator de resistência de 6,6, com base na DE₅₀.

Brunharo et al. (2016) testaram a resistência de plantas com origem no município de Matão São Paulo e verificaram que para reduzir o crescimento em 95% da população com suspeita de resistência necessitaria quase 13 vezes mais herbicida quando comparado com a população suscetível de *Chloris elata*.

Trainer et al. (2005) determinaram o fator de resistência ao glyphosate de 32,4 e 38,5 para os biótipos de Buva resistentes, oriundos dos municípios de Clinton e Brown em Ohio EUA, comparado com o biótipo suscetível coletado no Condado de Wyandot, Indiana, EUA.

Lopez-Ovejero et al. (2017) constataram que 80% das populações estudadas manifestaram algum nível de resistência, indicando a falta de programas adequados de manejo e de resistência nestas áreas.

Com base nos trabalhos citados anteriormente, pode-se relacionar que o desenvolvimento de populações de plantas daninhas resistentes ao glyphosate tem relação direta com a expansão de culturas resistentes e com o uso frequente de glyphosate. Portanto, a alternativa seria utilizar os manejos cultural e mecânico no controle das plantas daninhas e por fim adotar herbicidas que tenha o mecanismo de ação diferente.

2.6.2. Absorção e Translocação do Glyphosate e Acúmulo de Ácido Chiquímico

Na Figura 3 pode-se observar os sintomas de intoxicação nas plantas de *D. insularis*, após a aplicação do glyphosate na folha das plantas de *D. insularis*.

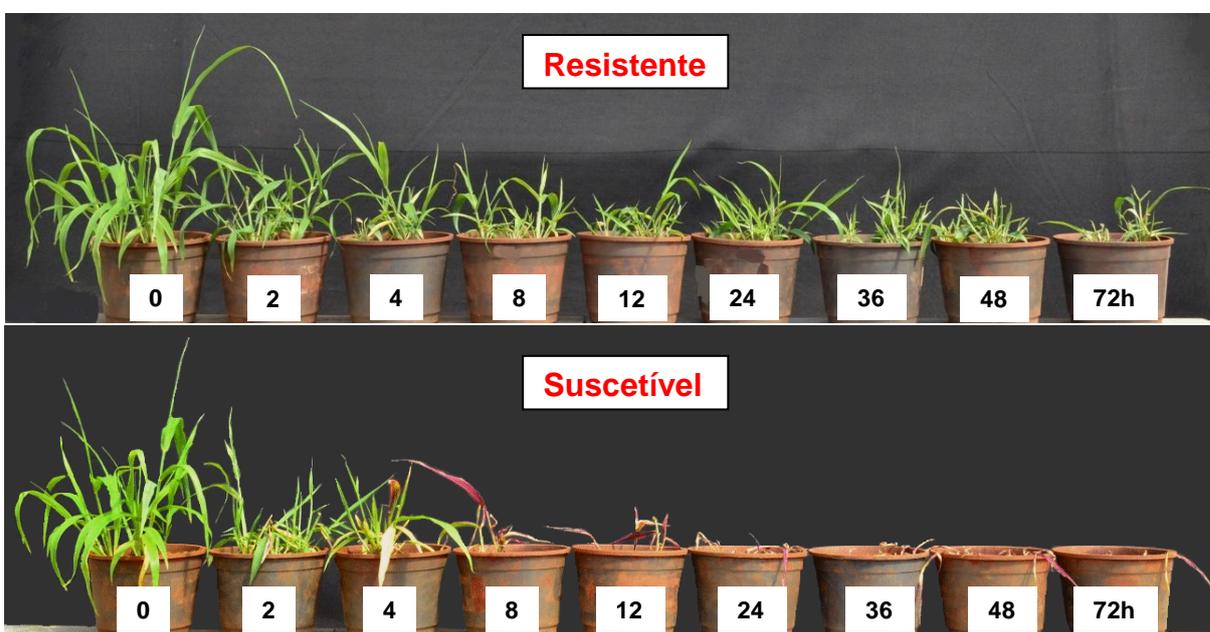


Figura 3. Controle aos 28 dias em biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate (1260 g ha^{-1}), em função das períodos de absorção do herbicida.

O controle do biótipo resistente observado as 28 DAA foi considerado satisfatório (80%) quando o herbicida permaneceu por 48 horas em contato com a folha aplicada (Figura 4). Enquanto, no biótipo suscetível o controle satisfatório ocorreu a partir das oito horas de contato do herbicida com a folha.

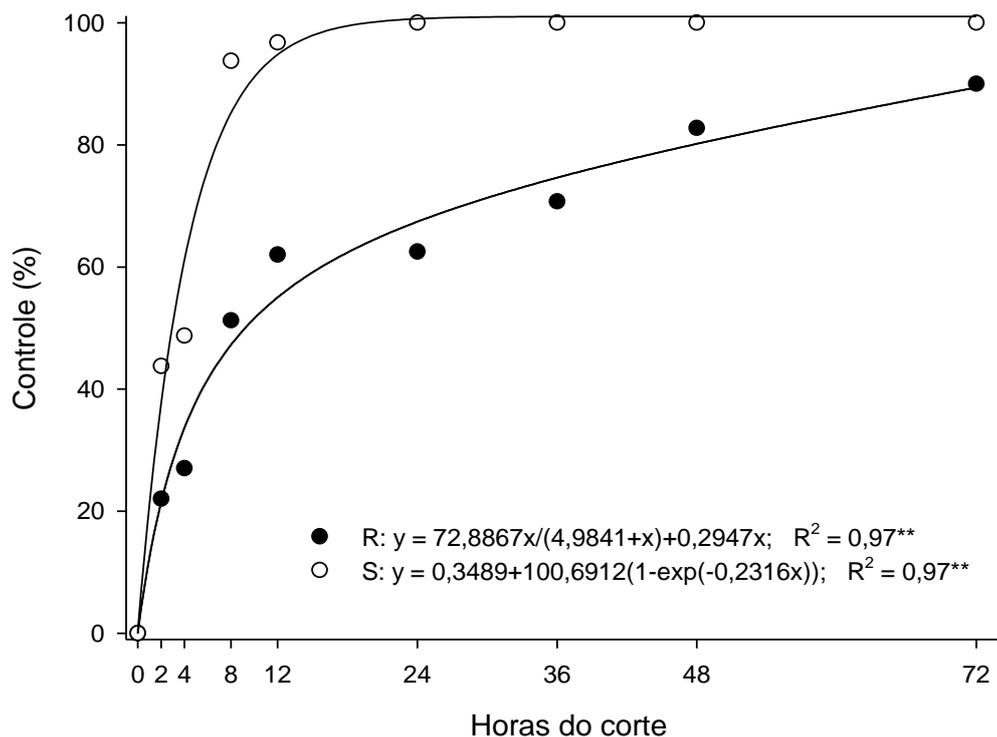


Figura 4. Porcentagem de controle aos 28 dias em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) ao glyphosate, em função das horas de corte das folhas após a aplicação do herbicida.

O baixo controle apresentado pelo biótipo de *D. insularis* resistente indica a que estas plantas transmitem a resistência para as gerações futuras, com isso também são dificultados o controle plantas originária de sementes dos biótipos resistente, fato que diverge das afirmações feitas por Gemelli et al. (2012), de que plantas jovens de biótipo resistente com origem de semente podem ser facilmente controladas, mesmo que na área tenha uso contínuo de herbicida e que o controle só seria dificultado quando as plantas fossem originárias de rizomas (propagação vegetativa). Segundo Machado et al. (2008) os rizomas são órgãos que contém

reservas em quantidade elevada e que pode ser responsável pela menor eficiência do glyphosate. Outra situação, estar relacionada na deposição de herbicidas nestas plantas de origem de rizomas que pode não apresentar folhas suficientes para absorver o herbicida.

Os valores observados nas massas secas dos biótipos resistente e suscetível corroboram com os resultados do controle proporcionado pela aplicação do glyphosate. A massa seca no biótipo resistente foi de 30% após 48 de absorção do glyphosate comparado com a testemunha (Figura 5). Com as mesmas 48 horas foi verificado redução de 100% massa seca no biótipos suscetível.

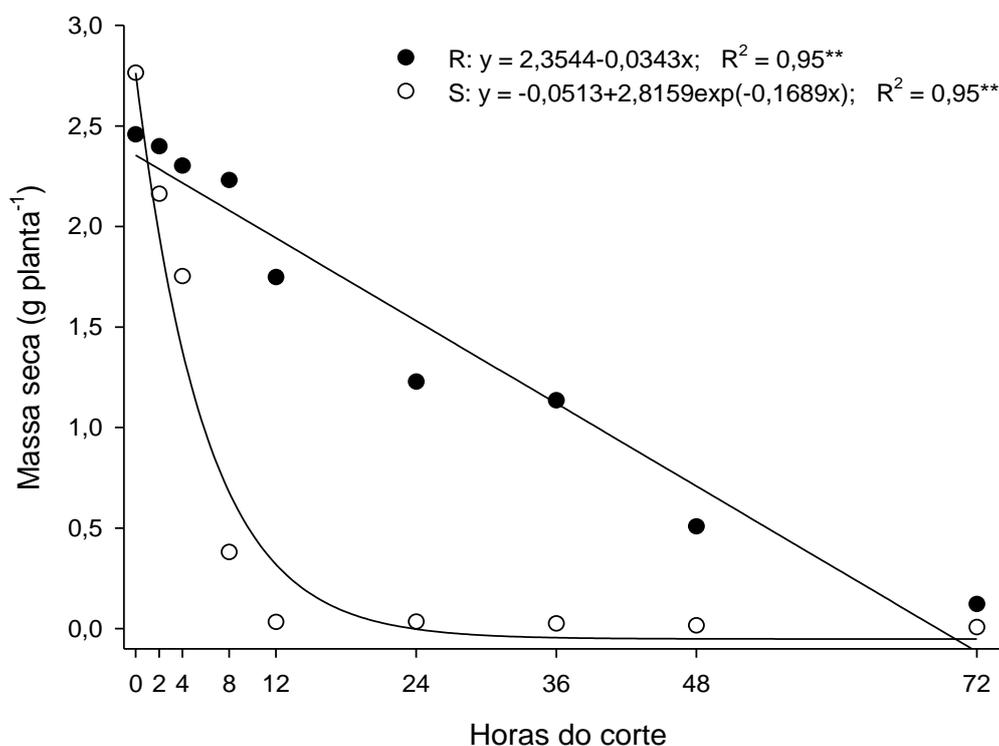


Figura 5. Massa seca, aos 28 dias, em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) ao glyphosate, em função das horas de corte das folhas após a aplicação.

Diante das afirmações de que plantas de *D. insularis* oriundas de sementes de populações resistentes poderiam ser controladas em estádio iniciais de crescimento, Barroso et al. (2014) realizaram dois testes em plantas que

apresentaram fator de resistência de 2,36 vezes. No primeiro, as plantas apresentavam quatro folhas, e no segundo, estavam em perfilhamento, com 3 a 4 perfilhos cada. O resultado da pesquisa apresentou controle médio de 79,3% e redução de massa fresca de 92,8%, e nas plantas perfilhadas foi observado controle médio de 50,5% com 61,7% de redução de massa fresca.

No estudo realizado por Melo et al. (2012), foi verificada que a redução da massa seca de biótipo de *D. insularis* resistente ao glyphosate foi abaixo do satisfatório (80%). Os pesquisadores testaram o herbicida glyphosate isolado com dose de 1440 g ha⁻¹ em plantas que apresentam de três a cinco perfilhos e observaram que a massa seca foi reduzida em 67,7%. E com algumas plantas vão se desenvolver com possíveis aumento no grau de resistência.

O comportamento dos acúmulos de ácido chiquímico nas plantas de *D. insularis* foram semelhantes entre os biótipos (Figura 6). Contudo, o biótipo suscetível acumulou mais ácido chiquímico do que o biótipo resistente em todas as horas após aplicação. Geralmente o maior acúmulo desse ácido ocorre devido a inibição da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS) que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfoenol piruvato, evitando que ocorra a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina (COUTINHO; MAZO, 2005; GOMES et al., 2015; MAEDA; DUDAREVA, 2012; SCHRÜBBERS et al., 2014), assim a falta dos aminoácidos causa a morte da planta.

No biótipo resistente, o acúmulo de ácido chiquímico aumentou em 1,8 vezes do 0 para as 12 HAA. Das 12 e 48 horas os resultados se estabilizaram e das 48 para 72 horas houve mais um incremento de 1,3 vezes. No biótipo suscetível foi verificado que no primeiro pico de acúmulo o valor aumentou duas vezes e das 48 para 72 horas, foi observado acúmulo de 1,6 vezes.

O baixo acúmulo do ácido chiquímico verificado pela *D. insularis* resistente corrobora com a pesquisa realizada por Pline et al. (2002) em que foi evidenciado cerca de 23% menos quantidades no acúmulo de ácido chiquímico após a aplicação do herbicida nas plantas transgênicas resistentes ao glyphosate, e que o decréscimo na absorção e/ou translocação pode ser resultado da restrição do movimento do herbicida até o sítio de ação permitindo a sobrevivência da planta resistente. Porém, já existem estudos relatando que o mecanismos de resistência da planta podem ocorrer em virtude do elevado metabolismo, fazendo com que a planta degrade o herbicida antes que ele cause sua morte (POWLES; YU, 2010).

Em plantas de *Pisum sativum* L. cv. Snap Sugar suscetível ao glyphosate também foi verificado aumento da concentração de ácido chiquímico, com valores de 36 mg g^{-1} 72 horas após aplicação do herbicida, e ao final do estudo, o valor acumulado representou 8% da massa seca da planta, destacando que o aumento demasiado no acúmulo do ácido chiquímico ocorre devido à alta sensibilidade da planta suscetível ao herbicida, e pela rapidez na translocação (ORCARAY et al., 2010), resultados que foram semelhantes aos observados nas plantas de *D. insularis* suscetível.

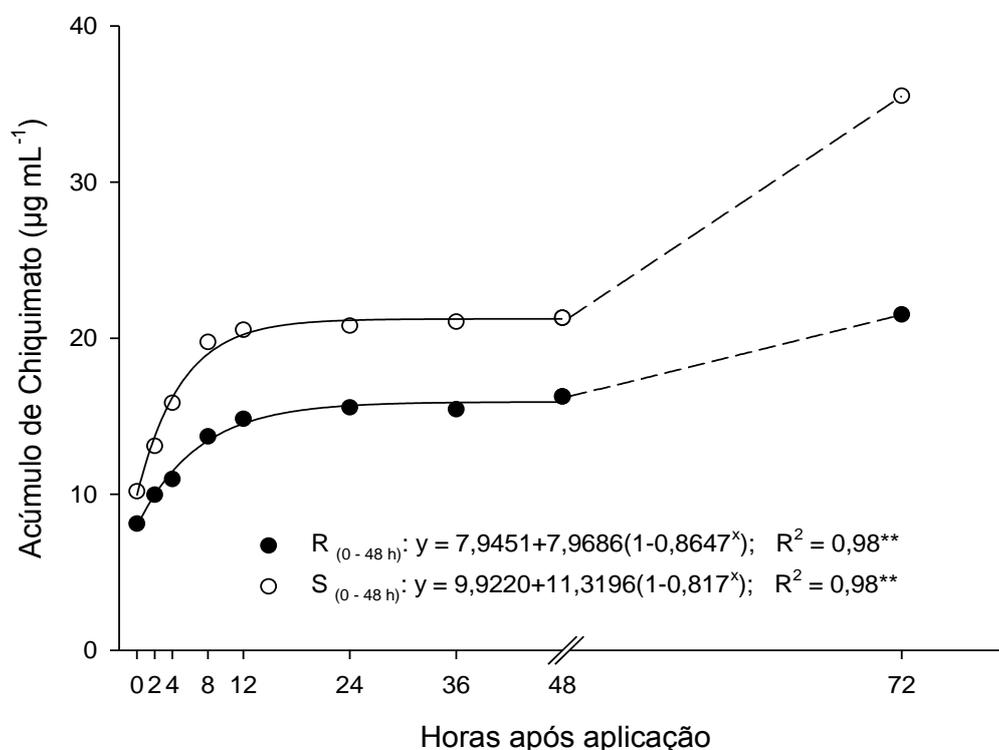


Figura 6. Acúmulo de chiquimato aos 28 dias em biótipos de *D. insularis* resistente (R) e suscetível (S) ao glyphosate, em função das horas após a aplicação.

Em outra pesquisa foram verificadas porcentagens de absorção de ácido chiquímico ainda maiores. Os valores observados 72 horas após aplicação do glyphosate foi de 93,5% no *Amaranthus hybridus*, 66,1% *Commelina benghalensis* e 65,8% em *Ipomoea grandifolia*, todos reacionados com a dose aplicada.

Carvalho et al. (2011) realizaram estudos para quantificar o acúmulo de chiquimato em plantas de *D. insularis* e verificaram absorção mais lenta e menor

translocação de glyphosate em plantas do biótipo resistente comparado ao suscetível, e destacaram que este fato pode está ligado a resistência.

Enfim, várias pesquisas apontaram diferenças no acúmulo do chiquimato entre plantas suscetível e resistente ao glyphosate. No caso do biótipo de *D. insularis* resistente ao glyphosate os menores valores de absorção e/ou translocação do glyphosate podem ser explicados pelas diferenças anatômicas das folhas que dificultam a entrada de herbicidas (Tabela 2), que ocorre mesmo em plantas mais novas, com 3 a 4 folhas (CARVALHO et al., 2011).

2.6.3. Caracterização Anatômica das Folhas de *Digitaria insularis*

Quanto as características observadas nas folhas dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível em vista paradérmica, destacamos que ambos biótipos possuem folhas anfihipoestomáticas (estômatos em ambas as faces epidérmicas, mas com predomínio na face abaxial). Os estômatos estão organizados em fileiras paralelas as nervuras e apresentam células-guarda em forma de halteres (Figura 7). característica comum em espécies da família Poaceae (BRITO; RODELLA, 2002; MACHADO et al., 2008; NICOLAU et al., 2010).

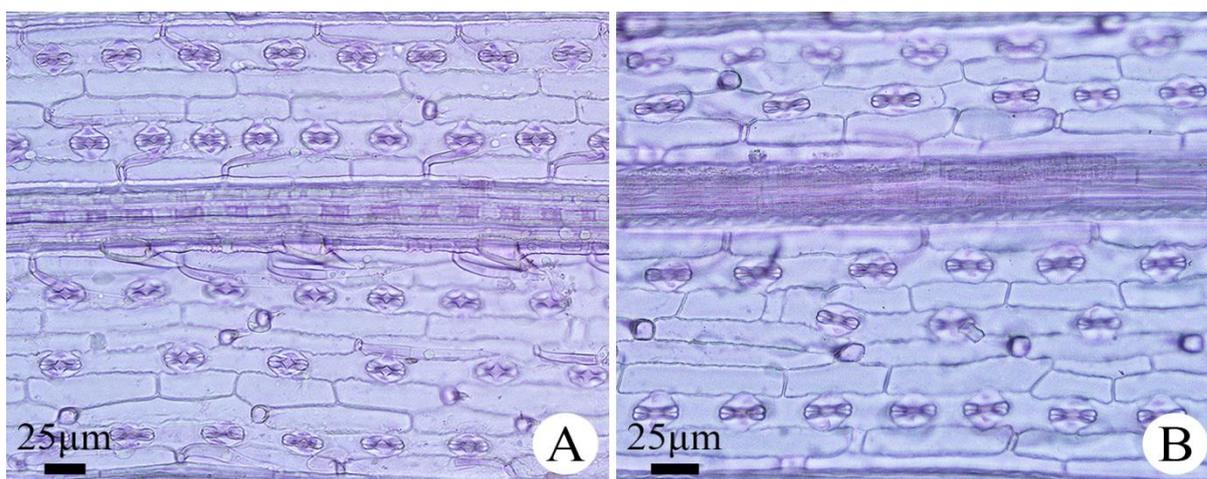


Figura 7. Vista paradérmica, destacando os estômatos da face abaxial das folhas de *D. insularis* resistente (A) e suscetível (B) ao glyphosate, no estágio V₆.

Em vista transversal, a lâmina foliar na região internervural varia entre os biótipos, sendo 7,3% mais espessa no biótipo resistente (Tabela 2), o que também foi observado na espessura da quilha. Nos dois biótipos foi verificada quilha

pronunciada e em forma de “U”, porém 11,3% mais espessa no biótipo resistente (Tabela 2), que apresentou maior número de camadas (5-6) de parênquima aquífero em relação ao suscetível (3-4) (Figura 8C-D).

A espessura do parênquima clorofiliano do biótipo resistente foi numericamente maior, porém, sem diferir estatisticamente. O parênquima clorofiliano é do tipo homogêneo com poucos espaços intercelulares e células dispostas radialmente em torno da bainha vascular, o que caracteriza a ocorrência de anatomia Kranz nos biótipos, aspectos já indicados para a espécie (BARROSO et al., 2015; JESUS et al., 2009; PACIULLO et al., 2002).

Tabela 2. Espessura da lâmina foliar (ELI), espessura da quilha (EQ), espessura do parênquima clorofiliano (EPC), número de estômatos (NE), índice estomático (IE), espessura da cutícula na face adaxial (ECD) e abaxial (ECB), espessura da paredes tangenciais externas na face adaxial (EPD), espessura da paredes tangenciais externas na face abaxial (EPB) e comprimento das células buliformes (CB) de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.

Biótipos / Variável	ELI	EQ	EPC	NE	IE
	Tamanho (µm)				
Resistente	93,9 A	188,7 A	47,7 A	88,0 A	77,0 A
Suscetível	87,5 B	169,6 B	46,1 A	82,0 B	76,4 A
CV%	4,81	7,82	4,11	5,48	2,25
	ECD	ECB	EPD	EPB	CB
	Tamanho (µm)				
Resistente	1,63 A	0,88 A	2,5 A	1,5 A	32,5 A
Suscetível	1,06 B	0,85 A	1,4 B	1,3 B	27,4 B
CV%	6,78	4,49	10,26	15,79	5,53

Médias seguidas de letras iguais e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

O número de estômatos (NE) observado do biótipo resistente foi 7,3% maior do que no suscetível. No entanto, o índice estomático (IE) não apresentou diferença estatística.

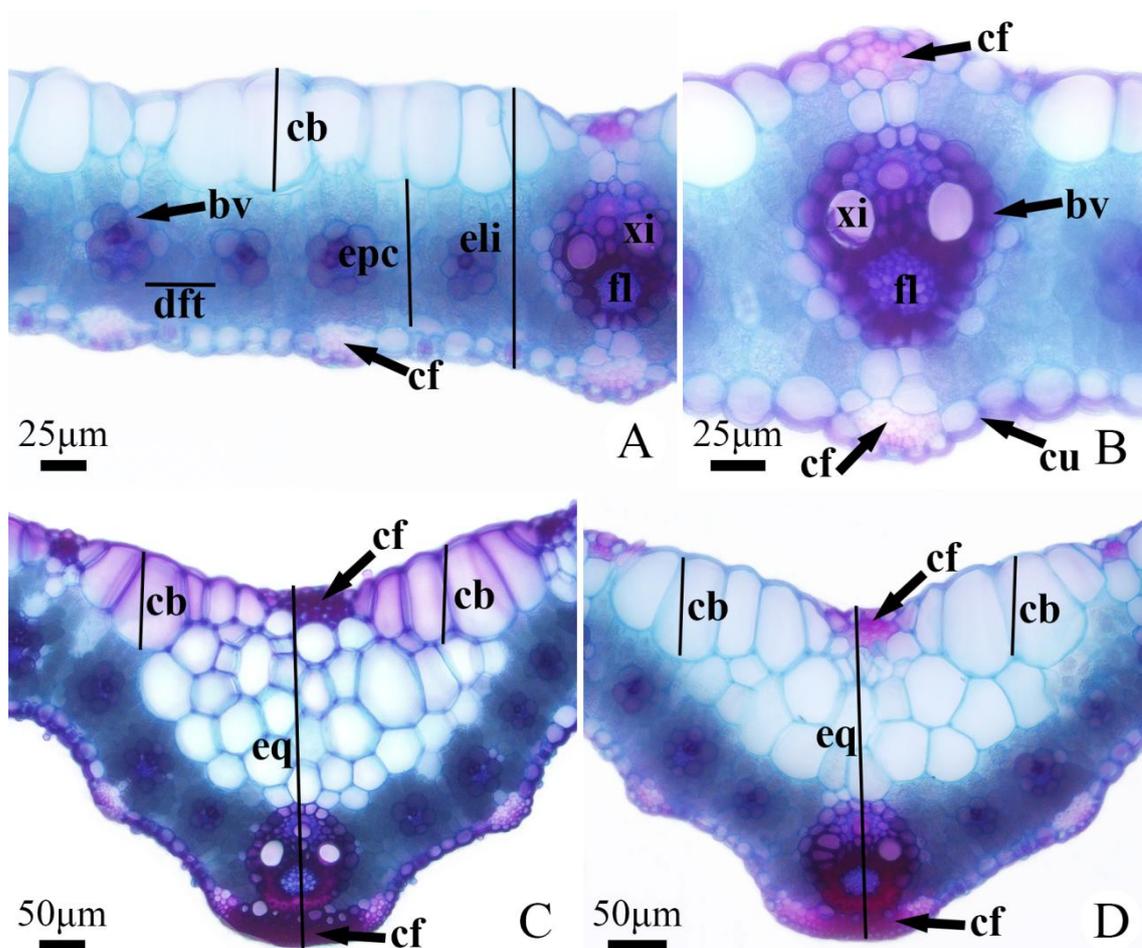


Figura 8. Seção transversal da lâmina foliar dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate destacando a: célula buliforme (cb), espessura da lâmina foliar (eli), espessura da distância entre os feixes terciários (dft), bainha vascular (bv) (A), cordão de fibra (cf), xilema (xi), floema (fl), cutícula (cu), bainha vascular (bv) (B) e espessura da quilha (eq) do biótipo resistente (C) e suscetível (D), no estágio V₆.

As características das células epidérmicas em vista transversal diferiram quanto a espessura da cutícula na face adaxial (ECD), que foi 53,8% mais espessa no biótipo resistente. Entretanto, a espessura da cutícula na face abaxial (ECB) não diferiu entre os biótipos. Quanto às paredes tangenciais externas das células epidérmicas, essas são mais espessadas nos biótipos resistentes, nas duas faces, com diferença de 78,6 na EPD e 15,4% na EPB, respectivamente, para o biótipo suscetível. Ainda no biótipo resistente, foram notadas que as células buliformes são maiores em comprimento, com diferença de 18,6%.

As maiores ECD, EPD e EPB observada no biótipo resistente destacam-se por serem as primeiras barreiras que podem dificultar a entrada de herbicida. O menor volume de herbicida que penetra na folha vai ficar mais diluído, quando chegar à quilha e às células buliformes (principalmente com a maior quantidade de tecidos de armazenagem), que também são maiores e acumulam mais água, deste modo, estas características anatômicas podem ser os principais mecanismos foliares que favorecem a resistência.

O biótipo resistente apresentou maior diâmetro do feixe vascular central (DFC) e diâmetro dos feixes vasculares secundários (DFS) com diferença de 738,8 e 218,6 μ m, respectivamente (Tabela 3). Porém, a distância entre feixes vasculares terciários (DFT) e o diâmetro das células da bainha vascular dos feixes terciários (DBV) foram 10,4 e 26,2%, respectivamente, menor, comparado ao suscetível.

Tabela 3. Valores médios do diâmetro do feixe vascular central (DFC), diâmetro feixe secundário (DFS), distância entre feixes vasculares terciários (DFT) e diâmetro das células da bainha vascular dos feixes terciários (DVB) dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.

Biótipos / Variável	DFC	DFS	DFT	DBV
	Tamanho (μ m)			
Resistente	3130,2 A	1699,8 A	16,4 B	3,1 B
Suscetível	2391,4 B	1481,2 B	18,3 A	4,2 A
CV%	9,70	13,06	2,05	5,69

Médias seguidas de letras iguais e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

O tamanho do cordão de fibra associado a quilha nas faces adaxial e abaxial e na região internevral na face abaxial foram menores no biótipo resistente (Tabela 4). As diferenças são de 14,2 e 10,4% no comprimento e na largura do TCD, e de 8,2 e 34,8% para comprimento e a largura do TCB. Para o TCIB, as diferenças observadas foram de 20,1% no comprimento e 26% na largura.

Tabela 4. Tamanho do cordão de fibra associado a quilha na face adaxial (TCD), tamanho do cordão de fibra associado a quilha na face abaxial (TCB) e tamanho dos cordões de fibras localizadas na região internervural na face abaxial (TCIB) dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.

Biótipos / Variável	TCD	TCD	TCB	TCB	TCIB	TCIB
	Tamanho (µm)					
	comprimento	largura	comprimento	largura	comprimento	largura
Resistente	24,3 B	16,4 B	77,9 B	9,0 B	21,8 B	10,8 B
Suscetível	28,3 A	18,3 A	84,9 A	13,8 A	27,3 A	14,6 A
CV%	8,20	22,32	6,28	7,64	9,89	12,84

Médias seguidas de letras iguais e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Em relação ao floema, o biótipo resistente possui área maior que o suscetível (Tabela 5). A área do floema do feixe vascular central (AFC) e do floema nos feixes vasculares secundários (AFS) superaram o biótipo suscetível em 315,7 e 117,2 µm, respectivamente. Já quanto a área do tecido xilemático no feixe vascular central (TXC) e nos secundários (TXS), o biótipo resistente apresentou as menores medidas. As diferenças no comprimento e na largura do TXC foram de 4,2 e 7,5%, respectivamente e o TXS diferiu em 7,7% no comprimento e 16,3% na largura.

Tabela 5. Área do floema do feixe vascular central (AFC), área do floema dos feixes vasculares secundários (AFS), tamanho do xilema do feixe vascular central (TXC) e tamanho do xilema dos feixes vasculares secundários (TXS) dos biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, no estágio V₆.

Biótipos / Variável	AFC	AFS	TXC	TXC	TXS	TXS
	Tamanho (µm)					
			comprimento	largura	comprimento	largura
Resistente	595,6 A	255,1 A	41,2 B	29,4 B	30,1 B	23,6 B
Suscetível	279,9 B	137,9 B	43,0 A	31,8 A	32,6 A	28,2 A
CV%	9,89	20,77	4,41	6,56	8,25	15,11

Médias seguidas de letras iguais e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Alterações morfoanatômicas de biótipos resistentes foram verificadas em diversas plantas. Para Gobbi et al. (2011), a espessura da lâmina foliar pode variar de acordo com a espessura da epiderme, este fato que foi comprovado na *D. insularis*.

Nos estudos realizados por Ferreira et al. (2012) com biótipo *Echinochloa* spp. resistente e suscetível, foi notado no biótipo resistente que a espessura da lâmina foliar e a parede da epiderme adaxial eram 4,3 e 16,3%, respectivamente, mais fina e que o DFC e o DFS do resistente superou em 65,9 e 51,9%, respectivamente, o biótipo suscetível. Deste modo, as diferenças observadas na *Echinochloa* spp, corroboram com os resultados verificados na *D. insularis*, demonstrando um padrão quanto às primeiras barreiras contra a entrada de herbicida.

Em outro trabalho, Gomes et al. (2017) avaliaram 12 biótipos de *D. insularis* com vários níveis de resistência (suscetível, moderadamente suscetível e resistente), entretanto, os resultados verificados não apresentam um padrão de diferença na espessura foliar. A falta de padrão na espessura da lâmina foliar nos resultados dos autores citados pode ter ocorrido em virtude da diferença do grau de resistência nas plantas utilizadas não ter sido suficiente para causar alterações.

Na epiderme encontram-se as células buliforme que são importantes para as plantas, pois estão envolvidas no processo de enrolamento em situações de déficit hídrico (FERREIRA et al., 2007) e quando as folhas se enrolam expõem a face abaxial e ficam mais fáceis de ser controladas (MICHITTE et al., 2007). Portanto, o maior comprimento das células buliformes no biótipo resistente pode ser uma alteração para aumentar a barreira contra a penetração do herbicida.

Em relação ao número de estômatos e índice estomático, Barroso et al. (2015) verificaram maior NE no biótipo resistente e não observaram diferença quanto ao IE, e portanto, o baixo controle pode acontecer em virtude da absorção de herbicida via estômatos ser bastante reduzida, e depender de surfactante para obter algum sucesso (SHONHERR, 2006).

Enfim, no presente estudo foram observadas alterações na maioria das variáveis avaliadas, que podem ter ocorrido em virtude da alteração biológica na planta resistente, contudo, outros estudos devem ser realizados para verificar se os padrões de diferenças anatômicas serão mantidos, mas deve-se destacar que as

novas pesquisas sejam realizadas com plantas de elevado fator de resistência, como foi testada neste trabalho.

2.7. CONCLUSÕES

O biótipo resistente apresentou menor absorção e translocação do glyphosate e 39,4% menos acúmulo de ácido chiquímico comparado ao suscetível.

O biótipo de *D. insularis* resistente apresenta diferenças nas características anatômicas das folhas em relação ao suscetível, tais como: maior espessura da lâmina foliar na região, maior espessura da quilha, maior espessura da cutícula na face adaxial, paredes tangenciais externas das células epidérmicas são mais espessadas nas duas faces e maiores células buliformes que podem funcionar como os principais mecanismos de resistência ao glyphosate.

2.8. 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. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Anais...** . v. 27, p.761–765, 2010.
- ALARCÓN-REVERTE, R.; GARCÍA, A.; URZÚA, J.; FISCHER, A. J. Resistance to Glyphosate in Junglerice (*Echinochloa colona*) from California. **Weed Science Society of America**, v. 61, n. 1, p. 48–54, 2013.
- ALCANTARA DE LA CRUZ, R.; BARRO, F.; DOMÍNGUEZ-VALENZUELA, J. A.; DE PRADO, R. Physiological, morphological and biochemical studies of glyphosate tolerance in Mexican Cologania (*Cologania broussonetii* (Balb.) DC.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 98, p. 72–80, 2016.
- ALCANTARA, R.; FERNANDEZ, P.; SMEDA, R. J.; ALVES, P. L. Response of *Eleusine indica* and *Paspalum distichum* to glyphosate following repeated use in citrus groves. **Crop Protection. Guildford**, v. 79, p. 1–7, 2016.
- BAERSON, S. R.; RODRIGUES, D. J.; BIEST, N. A.; TRAN, M.; YOU, J.; KREUGER, R. W.; DILL, G. M.; PRATLEY, J. E.; GRUYS, K. J.. Investigating the mechanism of glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). **Weed Science Society of America**, v. 50, n. 6, p. 721–730, 2002.
- BARROSO, A. A. M. **Caracterização genética e foliar de capim-a margoso resistente ao herbicida glyphosate e eficácia de seu controle com associação de herbicidas**. 2013. 95 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.
- BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; FILHO, R. V. Interação entre herbicidas inibidores da accase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 32, n. 3, p. 619–627, 2014. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582014000300018&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 16/10/2015.

BARROSO, A. A. M.; GALEANO, E.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; VICTORIA FILHO, R. Does Sourgrass leaf anatomy influence glyphosate resistance? **Comunicata Scientiae, Bom Jesus**, v. 6, n. 4, p. 445–453, 2015.

BAUR, P.; APONTE, J. Co-penetration of Actives and Adjuvants and Its Significance for the Matched Pair Liaison. **American Chemical Society, Washington**, v. 246, 2014.

BONNY, S. Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact. **Environmental Management**, v. 57, n. 1, p. 31–48, 2016.

BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A. Caracterização morfo-anatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 221–228, 2002.

BRUNHARO, C. A. C. G.; CHRISTOFFOLRTI, P. J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 163–177, 2014.

BRUNHARO, C. A. C. G.; PATTERSON, E.; CARRIJO, D. R.; MELO, M.S.C.; NICOLAI, M.; GAINES, T. A.; NISSEN, S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Confirmation and mechanism of glyphosate resistance in tall windmill grass (*Chloris elata*) from Brazil. **Pest Management Science, New York**, v. 72, n. 9, p. 1758–1764, 2016.

BURGOS, N. R.; TRANEL, P. J.; STREIBIG, J. C.; DAVIS, V. M.; SHANER, D.; NORSWORTHY, J. K.; RITZ, C. Confirmation of Resistance to Herbicides and Evaluation of Resistance Levels. **Weed Science**, v. 61, n. 1, p. 4–20, 2013.

CANTO-DOROW, T. S.; LONGHI-WAGNER, H. M. Novidades taxonômicas em *Digitaria* Haller (Poaceae) e novas citações para o gênero no Brasil. **INSULA Revista de Botânica, Floriamipolis**, v. 30, p. 21–34, 2001.

CARPEJANI, M. S.; OLIVEIRA JR., R. S. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 26–33, 2013.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; ROJANO-DELGADO, A. M.; DE PRADO, R.; GIL-HUMANES, J.; BARRO, F.; CASTRO, M. D. L. Pool of Resistance Mechanisms to Glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 2, p. 615–622, 2012. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf204089d>>.

CARVALHO, L.B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. Detection of Sourgrass (*Digitaria insularis*) Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil. **Weed Science Society of America**, v. 59, n. 2, p. 171–176, 2011.

CARVALHO, S. J. P.; DAMIN, V.; RIBEIRO DIAS, A. C.; YAMASAKI, G. M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Eficácia e pH de caldas de glifosato após a adição de fertilizantes nitrogenados e utilização de pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa. Agropecuaria Brasileira, Brasília**, v. 44, n. 6, p. 569–575, 2009.

CARVALHO, S. J. P.; GONÇALVES NETTO, A. NICOLAI, M. .; CAVENAGHI, A. L.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. CHRISTOFFOLETI, P. J. Detection of glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in agricultural areas of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 3, p. 579–586, 2015.

CARVALHO, S. J. P.; LOMBARDI, B. P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 23, n. 3, p. 535–542, 2005.

CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M. Problemática do capim-amargoso em áreas agrícolas brasileira. **Hrac - BR**, 2016. Paulínea, SP.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B. Agricultural Impacts of Glyphosate-Resistant Soybean Cultivation in South America. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 11, p. 5799–5807, 2011.

CHEN, J.; HUANG, H.; ZHANG, C.; WEI, C.; HUANG, Z.; CHEN, J.; WANG, X. Mutations and amplification of EPSPS gene confer resistance to glyphosate in goosegrass (*Eleusine indica*). **Planta**, v. 242, n. 4, p. 859–868, 2015.

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, n. 3, p. 513–519, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; GALLI, A. J. B.; CARVALHO, S. J. P.; MURILO S. M.; NICOLAI, M.; FOLONI, L. L.; MARTINS, B. A. B.; RIBEIRO, D. N. Review Glyphosate sustainability in South American cropping systems. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 4, p. 422–427, 2008.

CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 1, p. 93–101, 2015. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000100093&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 16/10/2015.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D. RESPOSTA DE DIFERENTES POPULAÇÕES DE *Digitaria insularis* AO HERBICIDA GLYPHOSATE. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. 4, p. 769–776, 2010.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos Metálicos com o Herbicida Glifosato: revisão. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1038–1045, 2005.

CRUZ-HIPOLITO, H.; ROJANO-DELGADO, A.; DOMÍNGUEZ-VALENZUELA, J. A.; HEREDIA, A.; DE CASTRO, M. D. L.; DE PRADO, R. Glyphosate tolerance by *Clitoria ternatea* and *Neonotonia wightii* plants involves differential absorption and translocation of the herbicide. **Plant and Soil**, v. 347, n. 1-2, p. 221–230, 2011.

DAVIS, A. S.; FRISVOLD, G. Are herbicides a once in a century method of weed control? **Pest Management Science, New York**, v. 11, n. 11, p. 2209–2220, 2017.

DINELLI, G.; MAROTTI, I.; BONETTI, A.; CATIZONE, P.; URBANO, J. M.; BARNES, J. Physiological and molecular bases of glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* biotypes from Spain. **Weed Research, Netherlands**, v. 48, n. 3, p. 257–265, 2008.

DUKE, S. O. The history and current status of glyphosate. **Pest Management Science, New York**, v. 74, n. 5, p. 1027–1034, 2018.

FAVERO, F. Comparação de doses e fontes de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura do milho. .

FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; GALON, L.; et al. Características micromorfológicas de biótipos de capim-arroz resistente e suscetível ao quinclorac. **Pesquisa. Agropecuaria Brasileira, Brasília**, v. 47, n. 8, p. 1048–1056, 2012.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 21, n. 2, p. 263–271, 2003.

FERREIRA, E. A.; VENTRELLA, M.C. SANTOS, J. B.; BARBOSA, M. H. P.; et al. Leaf blade quantitative anatomy of sugarcane cultivars and clones. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 1, p. 25–34, 2007.

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.

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.

FRAGA, D. ET AL. 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^o ed, 2016. 262p.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n.3924, p. 51. 1945.

FRATINE, G.; MESCHEDE, D. K. Eficiência de controle do Capim Amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na soja sob diferentes manejos em área de pousio. **V simpósio Internacional sobre Glyphosate**, 2016. Londrina.

GAINES, T. A.; WRIGHT, A. A.; MOLIN, W. T.; LORENTZ, L.; RIGGINS, C. W.; TRANEL, P. J.; BEFFA, R.; WESTRA, P.; POWLES, S. B. Identification of Genetic Elements Associated with EPSPS Gene Amplification. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, 2013.

GALEANO, E.; BARROSO, A. A. M.; VASCONCELOS, T. S.; LÓPEZ-RUBIO, A.; ALBRECHT, A. J. P.; FILHO, R. V.; CARRER, H. EPSPS variability, gene expression, and enzymatic activity in glyphosate-resistant biotypes of *Digitaria insularis*. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, 2016.

GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Ceres, Viçosa**, v. 61, n. 7, p. 819–828, 2014.

GAZZIERO, D. L. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; KRUSE, N. D.; GALLI, A. J. B.; TREZZI, M. M. **Crítérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. 1º ed. Sete Lagoas, MG, 2008.

GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L.; ADEGAS, F. S. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, p. 345–350, 2012.

GE, X.; D'AVIGNON, D. A.; ACKERMAN, J. J. H.; SAMMONS, R. D. Rapid vacuolar sequestration: the horseweed glyphosate resistance mechanism. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 66, n. 4, p. 345–348, 2010.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR., R. S.; COSNTAMTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; DE CAMPOS JUMES, T. M.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; BIFFE, D. F. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231–240, 2012.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR, S. R.; CONSTANTIN, J.; GEMELLI, A.; DE OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; DE CAMPOS JUMES, T. M.; GHENO, E. A.; RIOS, F. 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, n. 02, p. 162–170, 2013.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, R.

C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436–1444, 2011.

GOMES, G. L. G. C.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; SILVA, J. R. M. Extraction and simultaneous determination of glyphosate, ampa and compounds of the shikimic acid pathway in plants. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 2, p. 295–304, 2015.

GOMES, L. J. P.; SANTOS, J. I.; GASPARINO, E. C.; CORREIA, N. M. Chemical control and morphoanatomical analysis of leaves of different populations of sourgrass anatômicas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 35, p. 1–11, 2017.

GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; GIL-HUMANES, J.; BARRO, F.; DOMÍNGUEZ-VALENZUELA, J. A.; PRADO, R. First evidence for a target site mutation in the EPSPS₂ gene in glyphosate-resistant Sumatran fleabane from citrus orchards. **Agronomy for sustainable development**, v. 34, n. 2, p. 553–560, 2014.

GREEN, J. M. Current state of herbicides in herbicide-resistant crops. **Pest Management Science, New York**, v. 70, n. 9, p. 1351–1357, 2014.

HEAP, I. Criteria for Confirmation of Herbicide-Resistant Weeds. **International survey of herbicide-resistant weeds**, 2005.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, v. 38, n. 3, p. 280–288, 1990. Champaign.

ISAAA. **Commercialized biotech / GM Crops**: 2016. ISAAA. p.317, 2016. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/.../isaaa-brief-52-2016.pdf>>. Acesso em: 9/2/2016.

JESUS, S. L.; ARÉVALO, R. A.; ROMÃO, G. O.; et al. Potencial de utilização de *Cyperus rotundus* na descontaminação de áreas de descarte de resíduos industriais com elevados teores de metais. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 27, n. 4, p. 641–645, 2009.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.

KAUNDUN, S. S.; DALE, R. P.; ZELAYA, I. A.; et al. A Novel P106L Mutation in EPSPS and an Unknown Mechanism(s) Act Additively To Confer Resistance to Glyphosate in a South African *Lolium rigidum* Population. **Journal Agriculture Food Chemistry, Maryland**, v. 59, n. 7, p. 3227–3233, 2011.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas; Plantas dicotiledoneas por ordem alfabetica de familias: Acanthaceae a Fabaceae - TOMO I**. 2^o ed. São Paulo: Basf, 1997.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997. 198p.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 139–146, 2000.

LACERDA, A. L. S. **Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistema de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao glyphosate**. 2003. 153 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz. Piracicaba", 2003.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 26, n. 2, p. 467–471, 2008. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000200024&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 27/1/2016.

LEE, L. J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. **Pest Management Science, London**, v. 56, n. 4, p. 336–339, 2000.

LICORINI, L. .; GANDOLFO, M. .; SORACE, M. A.; OSIPE, R.; COSSA, C. A.; OSIPE, J. B. Identificação e controle de biótipos resistentes de *Digitaria insularis* (L.) Fedde ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 141–147, 2015.

LOPEZ-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 Society of America**, v. 65, n. 2, p. 285–294, 2017.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 24, n. 4, 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, Viçosa**, v. 26, n. 1, p. 1–8, 2008. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 23/10/2015.

MAEDA, H.; DUDAREVA, N. the shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. **Annual review of plant biology**, v. 63, p. 73–105, 2012.

MARTINS, J. F.; BARROSO, A. A. M.; CARVALHO, L. B.; CESARIN, A. E.; DO AMARAL, C. L.; NEPOMUCENO, M. P.; DESIDÉRIO, J. A.; ALVES, P. L. D. C. A. Plant growth and genetic polymorphism in glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis* L. Fedde). **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 10, p. 1466–1473, 2016.

MATHEIS, H.; AZEVEDO, F. D.; VICTÓRIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja, Cordeirópolis**, v. 27, n. 1, p. 101–110, 2006.

MELO, M. S. C.; ROSA, L. E.; BRUNHARO, C. A. D. C. G.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195–203, 2012.

MELO, M. S. C.; ROCHA, L. J. F. N.; BRUNHARO, C. A. 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, n. 3, p. 206–215, 2017.

MELO, M. S. C.; ROSA, L. P.; BRUMHARO, C. A. C. G.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195–203, 2012.

MELO, M. S. C.; 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, n. 4, p. 296–305, 2015.

MICHITTE, P.; DE PRADO, R.; ESPINOSA, N.; RUIZ-SANTAELLA, J. P.; GAUVRIT, C. Mechanisms of resistance to glyphosate in a ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotype from Chile. **Weed research**, v. 55, n. 5, p. 435–440, 2007.

MOLIN, W. T.; WRIGHT, A. A.; NANDULA, V. K. Glyphosate-Resistant Goosegrass from Mississippi. **Agronomy**, v. 3, n. 2, p. 474–487, 2013.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P.; RIBEIRO DIAS, J. M.; 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, n. 1, p. 131–137, 2010.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 23, n. 1, p. 123–132, 2005.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão**. Campinas: FMC, 2010. 642 p.

MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P. CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 1, p. 157–164, 2007.

MUELLER, T. C.; BARNETT, K. A.; BROSNAN, J. T.; STECKEL, L. E. Glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) confirmed in Tennessee. **Weed Science**, v. 54,

n. 4, p. 562–566, 2011.

MUZILLI, O. **Princípios e perspectivas de expansão.** In: **INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ.** Londrina, 1981.

NANDULA, V. K.; REDDY, K. N.; KOGER, C. H.; POSTON, D. H.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O.; BOND, J. A.; RIBEIRO, D. N. Multiple Resistance to Glyphosate and Pyriithobac in Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) from Mississippi and Response to Flumiclorac. **Weed Science Society of America**, v. 60, n. 2, p. 179–188, 2012.

NANDULA, V. K.; WRIGHT, A. A.; BOND, J. A.; RAY, J. D.; EUBANK, T. W.; MOLIN, W. T. EPSPS amplification in glyphosate-resistant spiny amaranth (*Amaranthus spinosus*): a case of gene transfer via interspecific hybridization from glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). **Pest management science**, v. 70, n. 12, p. 1902–1909, 2014.

NICOLAU, B. A. P.; ALVARENGA, T. M.; FONSECA E SILVA, F.; SOARES JÚNIOR, F. J. Morfoanatomía foliar de *Brachiaria decumbens* Stapf, colectada en la zona rural de Lavras, estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 10, n. 1, p. 1–6, 2010.

ORCARAY, L.; IGAL, M.; MARINO, D.; ZABALZA, A.; ROYUELA, M. The possible role of quinate in the mode of action of glyphosate and acetolactate synthase inhibitors. **Pest Management Science: : formerly Pesticide Science**, v. 66, n. 3, p. 262–269, 2010.

ORCARAY, L.; ZULET, A.; ZABALZA, A.; ROYUELA, M. Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 1, p. 27–33, 2012.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; SILVA, E. A. M.; QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, C. A. M. Características Anatômicas da Lâmina Foliar e do Colmo de Gramíneas Forrageiras Tropicais, em Função do Nível de Inserção no Perfilho, da Idade e da Estação de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 890–899, 2002.

PARREIRA, M. C.; ESPANHOL, M.; DUARTE, D. J.; CORREIA, N. M. Manejo químico de *Digitaria insularis* em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife**, v. 5, n. 1, p. 13–17, 2010.

PAVAN, G. B. **Manejo de capim-amargoso perenizado e tolerante a glyphosate com herbicidas associados ou não a 2,4-D sal de dimetilamina e 2,4-D choline**. 2018. 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2018.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 21, n. 3, p. 355–363, 2003.

PEREZ-JONEZ, A.; PARK, K. W.; COLQUHOUM, J.; MALLORY-SMITH, C.; SHANER, D. Identification of glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. **Weed Science**, v. 53, n. 6, p. 775–779, 2005.

PLINE, W. A.; WILCUT, J. W.; DUKE, S. O.; EDMISTEN, K. L.; WELLS, R. Tolerance and Accumulation of Shikimic Acid in Response to Glyphosate Applications in Glyphosate-Resistant and Nonglyphosate-Resistant Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 3, p. 506–512, 2002.

POWLES, S. B. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. **Pest Management Science, New York**, v. 64, n. 4, p. 360–365, 2008.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 317–347, 2010.

PROCÓPIO, S. O.; MENEZES, C. C. E.; PIRES, F. R.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; RUDOVALHO, M. C.; MORAES, R. V.; SILVA, M. V. V.; CAETANO, J. O. Eficácia de imazethapyr e chlorimuron-ethyl em aplicações de pré-semeadura da cultura da soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 24, n. 3, p. 467–473, 2006.

REINERT, C. S.; PRADO, A. B. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta comparativas entre os biótipos resistente e suscetível de capim-amargoso

(*Digitaria insularis*) ao herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 260, 2013.

RIAR, D. S.; NORSWORTHY, J. K.; JOHNSON, D. B.; SCOTT, R. C.; BAGAVATHIANNAN, M. Glyphosate Resistance in a Johnsongrass (*Sorghum halepense*) Biotype from Arkansas. **Weed Science Society of America**, v. 59, n. 3, p. 299–304, 2011.

RIBEIRO, I. G.; MARIN, V. A. A falta de informação sobre os Organismos Geneticamente Modificados no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 2, p. 359–368, 2012.

ROESER, K. R. Die Nadel der Schwarzkiefer-Massenprodukt und Kunstwerk der Natur. *Mikrokosmos*, Stuttgart, v. 61, p. 33-6, 1962.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 22, n. 2, p. 301–306, 2004.

SALAS, R. A.; SCOTT, R. C.; DAYAN, F. E.; BURGOS, N. R. EPSPS Gene Amplification in Glyphosate-Resistant Italian Ryegrass (*Lolium perenne* ssp. *multiflorum*) Populations from Arkansas, USA. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 25, p. 5885–5893, 2015.

SAMMONS, R. D.; GAINES, T. A. Glyphosate resistance: state of knowledge. **Pest Management Science, New York**, v. 70, n. 9, p. 1367–1377, 2014.

SANTOS, G.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; CONSTANTIN F. A.; MACHADO, M. F.; MANGOLIN, C. A.; NAKAJIMA, J. N. *Conyza sumatrensis*: A new weed species resistant to glyphosate in the Americas. **Weed Biology and Management**, v. 14, n. 2, p. 106–114, 2014.

SANTOS, I. C.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, L. D. T.; MIRANDA, G. V. Caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeraba e a eficiência do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 1–8, 2002. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, A. A.; FIALHO, C. M. T. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 2, p. 381–388, 2007.

SBCPD. SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. 1º ed. Londrina - PR: SBCPD, 1995.

SBCPD. SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Dez passos para relatos de novos casos de resistencia de plantas daninhas a herbicidas no brasil**. 1º ed. Londrina - PR, 2018.

SCHRÜBBERS, L. C.; VALVERDE, B. E.; SORENSEN, J. C.; CEDERGREEN, N. Glyphosate spray drift in *Coffea arabica* – Sensitivity of coffee plants and possible use of shikimic acid as a biomarker for glyphosate exposure. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 115, n. 1, p. 15–22, 2014.

SHONHERR, J. Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 11, p. 2471–2491, 2006.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; GHENO, E. A. Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 35, 2017.

TIMOSSI, P. C. Manejo de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 27, n. 1, p. 175–179, 2009.

TRAINER, G. D.; LOUX, M. M.; KENT HARRISON, S.; REGNIER, E. Response of horseweed biotypes to foliar applications of cloransulam-methyl and glyphosate. **Weed Science Society of America**, v. 19, n. 2, p. 231–236, 2005.

USDA. **World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0719.pdf>>. Acesso em: 9/1/2019.

VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. *Conyza bonariensis* Biotypes Resistant to the Glyphosate in Southern Brazil. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 3, p. 573–578, 2007.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A.; SILVA, V. C. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 153–160, 2005. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582005000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 24/1/2016.

VENCILL, W. K.; NICHOLS, R. L.; WEBSTER, T. M.; SOTERES, J. K.; MALLORY-SMITH, C.; BURGOS, N. R.; JOHNSON, W. G.; MCCLELLAND, M. R. Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops. **Weed Science Society of America**, v. 60, n. SP1, p. 2–30, 2012.

WAKELIN, A. M.; LORRAINE-COLWILL, D. F.; PRESTON, C. Glyphosate resistance in four different populations of *Lolium rigidum* is associated with reduced translocation of glyphosate to meristematic zones. **Weed Research, Netherlands**, v. 44, n. 6, p. 453–459, 2004.

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, n. 1, p. 71–79, 2016.

YU, Q.; JALALUDIN, A.; HAN, H.; SAMMONS, R. D.; POWLES, S. B. Evolution of a Double Amino Acid Substitution in the 5-Enolpyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase in *Eleusine indica* Conferring High-Level Glyphosate Resistance. **Plant physiology**, v. 167, n. 4, p. 1440–1447, 2015.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of Glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* Symbiosis with Glyphosate-Resistant Transgenic Soybean: A Minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, n. 3, p. 825–831, 2004.

ZOBIOLE, L. H. S.; KRENCHINSKI, F. .; ALBRECHT, A. J. P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C.; DA SILVA RUBIN, R. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 157–164, 2016.

3. CAPÍTULO 2 - NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis* RESISTENTE E SUSCETÍVEL AO GLYPHOSATE NA CULTURA DA SOJA.

3.1. RESUMO

A produção brasileira de soja está sendo severamente comprometida, devido à competição imposta pelas plantas daninhas que são difíceis de ser controladas, especialmente a *Digitaria insularis* que está presente na maioria das áreas de cultivo e que são altamente eficientes na competição de água e nutrientes. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi determinar o nível de dano econômico de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate na cultura da soja. O experimento foi conduzido a campo na safra da primavera/verão de 2016/17. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu aos biótipos de *D. insularis* (resistente e suscetível) e segundo fator, as densidades de 0; 7; 14; 28 e 56 plantas m^{-2} de *D. insularis*. A semeadura da soja ocorreu no sistema semeadura direta em 07/10/16, mesmo dia em que foi realizado o transplante das mudas dos biótipos de *D. insularis*. Não foi verificada interação entre os biótipos e as densidades de *D. insularis* para as variáveis. Os biótipos de *D. insularis* não diferiram estatisticamente. Entretanto, houve diferença para as densidades de *D. insularis*. Cada planta de *D. insularis* apresentou potencial de redução de 0,73 cm na altura da soja. Foi verificado que sete plantas m^{-2} de *D. insularis* reduziu 35,7% da massa seca da soja ao final do ciclo. As perdas máximas nos teores de N, P e K na cultura da soja foram na ordem de 31,7, 26,5 e 26,8%, respectivamente, na competição de 28 plantas m^{-2} de *D. insularis*. A redução na produtividade da soja, que ocorreu exponencialmente à medida que aumentou a densidade de plantas de *D. insularis*, com perda máxima de 87,2%. Foi verificado que a produtividade da soja em função da água perdeu 0,29 kg ha^{-1} , devido a competição de uma planta m^{-2} de *D. insularis*. Enfim, não foi confirmada alteração no nível de dano econômico na cultura da soja entre os biótipos de *D. insularis* resistente ou suscetível ao glyphosate. Ao considerar o baixo custo de controle da *D. insularis* e o elevado preço de venda da soja para a 2017/18, foi possível determinar o NDE de 0,86 plantas m^{-2} da *D. insularis*.

Palavras-chave: Interferência. Matocompetição. Convivência.

3.2. ABSTRACT

ECONOMIC THRESHOLD LEVEL OF RESISTANT AND SUSCEPTIBLE BIOTYPES TO GLYPHOSATE *D. insularis* IN SOYBEAN CROP

Brazilian soybean production is being severely compromised due to the competition imposed by difficult-to-control weeds, especially the *Digitaria insularis* that is present in most growing areas and is highly efficient in water and nutrient competition. Thus, the objective of this work was to determine the level of economic threshold of biotypes of susceptible and resistant *D. insularis* to glyphosate in the soybean crop. The experiment was conducted in the field in the summer harvest 2016/17. A randomized complete block design (DBC) was used in the 2x5 factorial scheme, with four replications. The first factor corresponded to the biotypes of *D. insularis* (susceptible and resistant) and second factor, the densities of 0; 7; 14; 28 and 56 *D. insularis* plants m⁻². The sowing of the soybean occurred in the direct seeding system on 10/7/16, the same day that the transplanting of the seedlings of the *D. insularis* biotypes was carried out. There was no interaction between the biotypes and the densities of *D. insularis* for the studied variables. The *D. insularis* biotypes did not differ statistically. However, for the densities of *D. insularis*, a difference was confirmed. Each plant of *D. insularis* showed a reduction potential of 0.73 cm in height of soybean. It was verified that seven plants m⁻² of *D. insularis* reduced 35.7% of the dry mass of soybean at the end of the cycle. The maximum losses of N, P and K in the soybean crop were 31.7%, 26.5% and 26.8%, respectively, in the competition of 28 plants m⁻² of *D. insularis*. The reduction in soybean yield, which occurred exponentially as the density of *D. insularis* plants increased, with a maximum loss of 87.2%. It was verified that the productivity of the soybean as a function of the water lost 0.29 kg ha⁻¹, due to the competition of a plant m⁻² of *D. insularis*. Finally, no change was observed in the level of economic threshold in soybean cultivation among *D. insularis* biotypes. Considering the low cost of control of *D. insularis* and the high selling price of soybean for 2017/18, it was possible to determine the level of economic threshold of 0.86 plants m⁻² of *D. insularis*.

Keywords: Interference. Crop-weed competition. Coexistence

3.3. INTRODUÇÃO

A soja destaca-se por ser a principal commodity agrícola mundial. Durante a safra 2017/18 alcançou uma produção de 369,32 milhões de toneladas no mundo, sendo que o Brasil produziu aproximadamente 119 milhões de toneladas ocupando o segundo lugar mundial na produção do grão (CONAB, 2018; USDA, 2018).

O desempenho da agricultura brasileira passa pela adoção da transgenia. Em 2017 o Brasil foi responsável por 26% da área semeada com transgênicos no mundo, ou seja, 50,2 milhões de hectares, e desse total, 67% foi com soja que contém tecnologia de resistência ao glyphosate (Roundup Ready (RR)) (ISAAA, 2018).

O cultivo da soja com a tecnologia RR permitiu o manejo químico das plantas daninhas em pós-emergência, em virtude da tolerância da cultura ao herbicida glyphosate. Este fato resultou no aumento do uso do herbicida glyphosate por parte dos produtores rurais. Com o aumento do uso do glyphosate e também a utilização do glyphosate de maneira inadequada foi verificada a seleção e alteração no ciclo biológico de biótipos de *Digitaria insularis* resistentes (CARVALHO et al., 2012; FERREIRA et al., 2018; GOMES et al., 2017; MACHADO et al., 2008; MELO et al., 2015).

Com finalidade de verificar como estava a seleção de populações de *D. insularis* resistentes ao glyphosate nas áreas agrícolas do Estado Paraná, Licorini et al. (2015) realizaram estudos e relataram a ocorrência de biótipos resistentes ao glyphosate, com fator de resistência (FR) que variou de 2 a 17.

Ferreira (2016), pesquisou o ciclo biológico de populações de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate coletadas no Paraná e na Paraíba, e o resultado foi que o biótipo resistente apresentou ciclo mais longo (82-90 dias), menor número de panícula por planta durante no ciclo (média de 28), menor número de sementes por panícula (≤ 1000), além de crescimento e desenvolvimento durante o inverno.

Por ser uma planta daninha completamente adaptada as condições do clima brasileiro, a *D. insularis* está presente em todas as áreas de cultivo, o tem sido um grande problema para os agricultores, devido a dificuldade no controle e a competição destas plantas daninhas por nutrientes (GEMELLI et al., 2012).

Apesar da importância da *D. insularis*, as informações sobre o potencial de danos nas culturas são extremamente resumidas. Como exemplo pode ser citado o trabalho realizado por Gazziero et al. (2012) com densidades de *D. Insularis* em competição na cultura da soja, em que foi relatado perdas de 13 sacos de soja ha⁻¹ com densidade de três plantas m⁻² e Carvalho et al. (2013) que verificaram redução de 9,2 % no crescimento, 39,1% na área foliar e de 8 a 24% no teor de macronutrientes das plantas de café, em convivência 16 plantas m⁻² de *D. Insularis*.

Ao verificar que as práticas de manejo adotadas estavam aumentando o custo e nem sempre resultavam em controle satisfatório, ficou caracterizada a necessidade de adotar o Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), que pode usar como ferramenta para tomar decisões no controle, o Nível de Dano Econômico (NDE) (KALSING; VIDAL, 2010).

O NDE gera informações que permitem ao produtor tomar decisões para o controle das plantas daninhas de maneira mais lucrativa, ao relacionar aspectos econômicos como o custo de controle e o valor pago pela cultura (NETO et al., 2013; VIDAL et al., 2004; VIDAL et al., 2010).

Especula-se que a avaliação do NDE deveria ser realizada frequentemente, com finalidade de obter informações adicionais, que podem ser fundamental para elaborar um banco de dados sobre o NDE das principais plantas daninhas que infestam as culturas agrícolas de todo país, e deste modo aproximar as pesquisas da realidade do produtor.

Deste modo, a hipótese do trabalho tem como base o fato de que o uso indiscriminado de glyphosate está selecionando biótipos de *D. insularis* resistente e tem como consequência a alteração no ciclo biológico, e portanto pode alterar também o NDE imposto sobre a cultura da soja.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o nível de dano econômico de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate na cultura da soja.

3.4. REVISÃO

3.4.1. A Cultura da Soja

A soja *Glycine max* (L.) Merrill, teve sua origem em uma região de clima temperado, e devido a este fato apresenta ciclo fotossintético C3, ou seja, tem pouca eficiência fotossintética, e dependendo das condições climáticas apresenta desvantagem competitiva frente às comunidades infestantes, necessitando ficar livre das plantas daninhas no estágio inicial de desenvolvimento (CASAROLI et al., 2007; PIMENTEL, 2011).

Por conter elevado valor nutricional passou a ser um dos produtos de origem agrícola mais utilizado pelo homem, principalmente para fabricar ração animal e óleo vegetal, e com o aumento da população mundial, pode ser destinada como fonte proteica de baixo custo para alimentação humana (BOEREMA et al., 2016; KOHLHEPP, 2010; PEIXOTO et al., 2011).

No Brasil, a soja foi responsável por uma verdadeira revolução na agricultura, e, por isso, detém uma importância econômica inigualável (DALTOÉ, 2016; GOFFI et al., 2017). O crescimento da soja no Brasil foi acentuado à partir dos anos 1990, devido as expansões das fronteiras agrícolas (FREITAS; MENDONCA, 2016), caracterizada pela ampliação da utilização da terra e mudanças nos padrões tecnológicos empregados na produção (CARVALHO et al., 2012; PRADO; MIZIARA; FERREIRA, 2012; VALE, 2017).

Em 2005, foi oficialmente liberada para plantio no Brasil a soja resistente, também conhecida como transgênica ou geneticamente modificada (GM) com tolerância ao herbicida glyphosate (RIBEIRO; MARIN, 2012). Segundos os mesmos autores, neste ano a cultura ocupou aproximadamente 54,4 milhões de hectares, representando 60% da área mundial destinada às plantas geneticamente modificadas

A soja resistente ao herbicida glyphosate foi obtida pela introdução do gene (AroA) que codifica a EPSPS no genoma da planta, isolado da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* estirpe CP4, que pode metabolizar o glyphosate sem morrer (MONQUERO, 2005; REIS et al., 2014). Portanto, o uso de cultivares de soja resistente facilitaria o controle das plantas daninhas e conseqüentemente reduziria o custo da produção. Mais não foi o que aconteceu, principalmente com o advento da

soja transgênica associado ao sistema plantio direto.

A associação da soja transgênica ao sistema plantio direto mudou a técnica de controle de plantas daninhas, pois, os agricultores passaram a manejar as plantas daninhas no meio da cultura da soja (CORREIA; DURIGAN, 2010). No entanto, o manejo utilizado passou a ser ineficiente no controle das plantas daninhas, resultando em escape de plantas (CORREIA; DURIGAN; LEITE, 2008) e com isto trouxe problemas para a agricultura, devido a competição imposta por estas plantas remanescentes.

As perdas na produção da soja causadas pela interferência das plantas daninhas são muito variáveis, e depende sobretudo das espécies de plantas daninhas presentes, da época de emergência em relação à cultura, da densidade populacional, das práticas culturais e das condições edafoclimáticas (AGOSTINETTO; SILVA; VARGAS, 2017; FERREIRA et al., 2011; LUDWIG et al., 2011).

Diante dos fatos, fica evidente a necessidade de se manter a cultura da soja livre da interferência das plantas daninhas para obter a máxima produtividade da cultura.

3.4.2. Plantas Daninhas

As plantas pioneiras evoluíram e desenvolveram capacidade de sobreviver em todas as regiões do mundo, com o passar dos anos alteraram alguns atributos, permitindo que suas populações fossem paulatinamente se especializando na colonização de agroecossistemas, sendo denominadas de plantas daninhas (CARVALHO, 2013).

Para Pitelli (2015), as plantas daninhas são quaisquer plantas superiores que interferem nos interesses do homem e no meio ambiente, causando prejuízo, portanto, não são somente as plantas ruderais ou plantas pioneiras que são caracterizadas como plantas daninhas.

As plantas daninhas desenvolveram uma série de mecanismos como, adaptações à insolação, sistemas de reconhecimento das condições de cobertura de solo, elevada eficácia de reprodução e disseminação de propágulos, capacidade de sobrevivência por longos períodos de condições adversas (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012). Em áreas agrícolas, as plantas daninhas são relatadas como

importantes devido à persistência, dificuldade de controle, eficiências na competição por água, luz e nutrientes, hospedar pragas e doenças, além de dificultar as operações agrícolas como tratos culturais e colheita (MARTINS et al., 2012; SOUZA et al., 2005).

Outras características das plantas daninhas são florescimento precoce, elevadas adaptações para disseminação de suas sementes em curta e longa distância, diversos mecanismos de dormência, elevada longevidade, desuniformidade no processo germinativo e capacidade de germinação em vários ambientes, desuniformidade nos processos de florescimento e produção de estruturas reprodutivas distintas (ARAÚJO et al., 2018; DINIZ et al., 2017).

As plantas daninhas de interesse econômico podem ser mais ou menos suscetíveis a competição, mesmo assim, o poder de interferência vale para todas, pois, as culturas ficam com reduzida área foliar, tem baixo acúmulo de massa seca e conseqüentemente redução dos componentes de produção que pode ser de 90% (AGOSTINETTO et al., 2009; GALON et al., 2011). Entre as principais plantas daninhas, se destaca a *D. insularis*.

3.4.3. *Digitaria insularis* (L.) Fedde

A *Digitaria insularis* (Capim-amargoso) ocorre naturalmente em regiões tropicais e subtropicais da América (KISSMANN; GROTH, 1997). Trata-se de uma planta herbácea, com metabolismo fotossintético C₄, apresenta ciclo perene, forma touceiras, tem crescimento ereto, raiz fasciculada com rizoma, colmos estriados e finos, altura de 150 cm, as lâminas foliares são lineares e acuminadas que exibem bainha longa e pilosa, com lígula membranácea, as panículas são grandes com hastes compridas, as espiguetas são lanceoladas a ovaladas com pêlos sedosos (CARVALHO et al., 2011; FERREIRA, 2016).

A propagação ocorre principalmente via sementes que apresentam níveis de germinação e dormência variável durante o ano, e por ser revestidas de pêlos podem se dispersar a longas distâncias, pois serão levadas pelo vento ou animais, mais também pode ser propagada pelos rizomas (GEMELLI et al., 2012).

De acordo com Lacerda (2003), pode ocorrer emergência do capim-amargoso durante quase todos os meses do ano no campo, porém, o período mais favorável são os meses de altas temperaturas. Diante do exposto, torna-se

necessário realizar monitoramentos nas áreas de cultivo, com finalidade de quantificar o crescimento e desenvolvimento das plantas *D. insularis*, para que seja mais fácil manejar estas plantas antes que elas proporcionem prejuízo.

3.4.4. A Interferência das Plantas Daninhas na Cultura da Soja

A interferência das plantas daninhas sobre as culturas agrícolas ocorre quando a cultura tem prejuízo no crescimento, desenvolvimento e colheita, devido, a competição imposta por outras plantas, cujas perdas podem ser intensificadas pelas condições edafoclimáticas e os manejos adotados (KUVA et al., 2007; SILVA et al., 2014).

As alterações mais visíveis da interferência de plantas daninhas com as culturas são as modificações da arquitetura, do crescimento e da absorção de nutrientes, e tem como resultado as reduções na produção de grãos das culturas (SANGOI et al., 2014). Entre os fatores que proporcionam maior competitividade das plantas daninhas à cultura, está a composição florística da área agrícola, e a densidade (CUNHA et al., 2014; ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004).

Entre as plantas daninhas nas áreas de produção de soja no Brasil, as espécies eudicotiledôneas mais comuns são: *Amaranthus* spp. (Caruru), *Bidens* spp. (Picão-preto), *Conyza* spp.(Buva), *Euphorbia heterophylla* (Leiteira), *Ipomoea* spp. (Corda-de-viola), *Raphanus sativus* (Nabiça), *Richardia brasiliensis* (Poaia-branca), *Senna obtusifolia* (Fedegoso) e *Sida* spp. (Guanxuma), entre as monocotiledôneas estão: *Commelina benghalensis* (Trapoeiraba), *Brachiaria plantaginea* (Papuã), *Cenchrus echinatus* (Timbete), *Digitaria* spp. (Capim colchão), *Echinochloa* spp. (Capim-arroz), *Eleusine indica* (Capim pé-de-galinha), e *Panicum maximum* (Capim-colonião) (CURY et al., 2011; MINOZZI; MONQUERO; PEREIRA, 2014; PITTELKOW et al., 2009; TREZZI et al., 2011; VOLL et al., 2002). Várias destas plantas daninhas são difíceis de ser controladas, principalmente a *Digitaria insularis*.

Por causa da presença de grande quantidade de plantas daninhas que infestam as culturas durante o ciclo de cultivo, e que estas plantas já apresentavam dificuldade de ser controladas, foram realizados vários estudos com o objetivo de quantificar o potencial destas plantas daninhas. Os resultados das pesquisas demonstraram que a presença de uma ou mais espécies, de comunidades espontâneas (nós experimentos a campo) ou induzidas (nos experimentos em

vasos) proporcionam perdas que variaram de 17 a 100% dependendo da cultura (AGOSTINETTO et al., 2013; BORCHARTT et al., 2011; DIAS et al., 2010; FRANCO et al., 2017; GHANIZADEH; LORZADEH; ARYANNIA, 2014; JOHANNIS; CONTIERO, 2006; SARAIVA et al., 2013; SBATELLA et al., 2016; SILVA et al., 2014; VIDAL; KALSING; GHEREKHLOO, 2010).

Com os trabalhos da matocompetição na soja foram observadas reduções na produção que variaram de acordo com a planta daninha, com por exemplo a *Conyza bonariensis* que reduz a produção em 25,9% (AGOSTINETTO et al., 2017). Em outro estudo, as variações nas perdas foram de 20 a 30% com *Alternanthera tenella*, *Digitaria nuda*, *Eleusine indica* e *Xanthium strumarium* (BENEDETTI et al., 2009).

Nas pesquisas realizadas por Voll et al. (2002), a competição de *Euphorbia heterophylla*, *Brachiaria plantaginea*, *Ipomoea grandifolia* e *Senna Obtusifolia*, em dois cultivares de soja (ciclo precoce - Embrapa-48 e ciclo médio - Embrapa-62) resultaram em reduções de produtividade que variaram de 33 a 60%, caracterizado pela diferença entre cultivar e planta daninha.

Bridges, Brecke e Barbour (1992) verificaram que a cultura da soja apresentou reduções de produtividade de 30 a 50% com infestação de *E. heterophylla*, nas densidades de 12 e 32 plantas m². Em trabalho com *Euphorbia dentata*, Juan, Saint-Andre e Fernandez (2003), constataram que a competição desta planta daninha com a cultura da soja causou redução de 40% no número de vagens por planta de soja.

Em estudo de interferência das plantas daninhas na cultura da soja sob sistemas de semeadura direta (SSD) com a cultivar CD 201 e semeadura convencional (SSC) com a M-SOY6101, Nepomuceno et al. (2007), verificaram que a interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura reduziu, em média, 46% (SSD) e 32% (SSC) a produtividade de grãos da soja.

Apesar da importância da *D. insularis*, existe uma grande dificuldade de se obter informações na literatura que relatem a capacidade de redução na produtividade da cultura da soja pela presença destas plantas daninhas. Um exemplo da competição da *D. insularis* na soja foi relatada por Gazziero et al. (2012), em que as densidades de *D. insularis* na cultura da soja causaram perdas de 23% ou 13 sacos de soja ha⁻¹ com até três plantas m⁻² e 44% ou 25 sacos ha⁻¹ na densidade de quatro a oito plantas m⁻².

Portanto, existe a necessidade de mais estudos da competição de *D. insularis* nas culturas principalmente no Estado do Paraná que destaca-se por ser o segundo maior produtor de soja e milho, e apresenta áreas com grande número de plantas de *D. insularis*.

3.4.5. Nível de Dano Econômico

O nível de dano econômico (NDE) pode ser definido como a densidade populacional em que devem ser tomadas medidas de controle para evitar que ocorra dano econômico à cultura (COBLE; MORTENSEN, 1992). O NDE integra fatores biológicos e econômicos que se destinará a tomada de decisão para controle de plantas daninhas (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002; KALSING; VIDAL, 2010).

Estudos demonstram que o aumento no custo do controle faz com que o nível de dano econômico se eleve, e o aumento no rendimento da cultura, no preço de venda da cultura e eficiência do herbicida fazem com que os níveis de dano econômico reduzam (AGOSTINETTO et al., 2010; GHEREKHLOO et al., 2010; RIZZARDI; FLECK; AGOSTINETTO, 2003; VAZIN, 2012; VIDAL et al., 2004).

Ao estudar o NDE de duas variedades de feijão competindo com diferentes densidade de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil*, Vidal; Kalsing e Gherekhloo (2010), observaram NDE com variação 0,5 a 16 plantas m⁻². Já nas pesquisas de Galon et al. (2016), que avaliaram o NDE de *Bidens pilosa*, na cultura do feijão cultivar BRS Esplendor e IPR Tuiuiú, ficou determinado NDE entre 0,59 a 8,72 plantas m⁻², dependendo do tipo do feijão.

Cowbrough, Brown e Tardif (2003) estudaram a competição de *Ambrosia artemisiifolia* na soja e encontraram níveis muito baixos que variaram de 0,17 a 0,31 plantas m⁻² em 1999 e média 0,50 plantas m⁻² no ano 2000. Já os valores de NDE para infestações de *Sida rhombifolia* na cultura da soja tiveram variação de 2 a 50 plantas m⁻² e o NDE considerado ótimo de 1 a 6 plantas m⁻² para obter rendimentos satisfatórios (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002).

Em estudo interferência da *Conyza bonariensis* na soja, Agostinetto et al. (2017) verificaram que o NDE variou de 0,08 a 6,01 plantas m⁻², para a cv. BRS Estância 0,04 a 0,33 plantas m⁻², para a cultivar BMX Turbo, em diversas simulações.

Para a competição da gramínea papuã com as variedades de soja (NS 5445 IPRO, NS 5959 IPRO, SYN 13561 IPRO, SYN 1059 RR e BMX Elite IPRO), os NDE's variaram entre 0,53 a 2,16 plantas m⁻² (ROSSETTO et al., 2017).

Deste modo, acredita-se que o conhecimento do nível de dano econômico proporcionado pelas plantas de *D. insularis* (resistente ou suscetível) na cultura da soja, pode ser utilizado para manejos futuro na cultura, e que a decisão para o controle possa garantir o maior retorno econômico.

Na cultura da soja a espécie competidora é determinante para definir o NDE na cultura, uma vez que, as plantas daninhas que apresentam rápido desenvolvimento, tem maior potencial de dano. Também, deve-se considerar o grau de resistência destas plantas daninhas, pois plantas resistentes não serão controladas e, além de competir irão dispor sementes e aumentar o banco de sementes.

Quando ocorre dispersão de sementes na área de cultivo, também ocorre alteração do NDE futuro, logo a alternativa será contabilizar uma variação de + 10% na próxima utilização do NDE.

3.5. MATERIAL E MÉTODOS

3.5.1. Localização e Descrição do Experimento

O experimento foi conduzido durante a safra de verão 2016/17, na área experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* Marechal Cândido Rondon – PR, apresentando as seguintes coordenadas: 24°55'65,9" S de latitude, 54°04'32" O.

O solo da área caracteriza-se como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa (SANTOS et al., 2018) que apresentou as seguintes características: pH = 5,26 (CaCl₂); H⁺ Al = 3,24 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 4,37 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,56 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,35 cmol_c dm⁻³; P = 4,82 mg dm⁻³; MO = 10,25 g dm⁻³; SB = 6,28 cmol_c dm⁻³; CTC = 9,52 cmol_c dm⁻³ e V% = 65,97.

3.5.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado para as variáveis biométricas, teores de nitrogênio, fósforo e potássio, produtividade e eficiência agrônômica da soja em função da água foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelos biótipos de *D. insularis* (resistente e suscetível) e segundo fator, pelas densidades de 0; 7; 14; 28 e 56 plantas m⁻² de *D. insularis* em competição com as plantas de soja.

3.5.3. Preparo da Área Experimental e Produção das Mudanças dos Biótipos de *D. insularis* Para o Experimento de Campo

A área do experimento foi dessecada 30 dias antes da semeadura da soja (DASS), com 3 L ha⁻¹ do herbicida glyphosate (Roundup Original 360) e aos 20 DASS foi realizada uma aplicação sequencial de 2 L ha⁻¹ de paraquat.

A pulverização foi realizada com auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com uma barra munida de seis bicos, com pontas de jato plano (Modelo Magno ADGA 11002), espaçadas 50 cm entre si, com pressão constante de 2,5 kgf cm² e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, disposta a 50 cm de altura em relação às plantas.

Aproximadamente 30 dias antes da semeadura da soja (DASS), as sementes dos biótipos *D. insularis* foram colocadas para germinar em bandejas de poliestireno, contendo substrato comercial “Humusfertil”. Após a semeadura, foram realizadas irrigações diariamente durante três vezes ao dia. As plântulas emergiram seis dias após a semeadura (DAS). Uma semana antes do transplante das mudas a irrigação foi reduzida para uma vez, com finalidade de proporcionar maior enraizamento das plantas.

3.5.4. Semeadura da Soja

A implantação do experimento ocorreu no sistema semeadura direta no dia (21/10/16), sobre a palhada da aveia, utilizando-se a variedade “NIDERA 5909”, com espaçamento de 0,50 m. Imediatamente após a semeadura da soja foi realizado o transplante das mudas dos biótipos de *D. insularis* que estavam no estágio V_4 aos 35 dias após semeadura, para evitar qualquer tipo de vantagem da cultura, já que, as plântulas transplantadas precisavam de uns dias para que ocorresse o pegamento. Na adubação de base foi utilizado 320 kg ha^{-1} do formulado N-P-K 02-20-18. Foi realizada adubação de cobertura com 60 kg ha^{-1} de K_2O .

Cada unidade experimental foi constituída por uma área total de 10 m^2 , para a avaliação foi considerado uma área útil de $4,5 \text{ m}^2$. Do transplante até o fechamento das entrelinhas da soja, foram realizadas capinas semanais, para manter a área livre de outras plantas daninhas. As populações de *D. insularis* conviveram com a cultura da soja até a colheita.

3.5.5. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade da Soja

As avaliações foram realizadas com as vagens 100% granadas (R_6). Concomitantemente, a avaliação da soja ocorreu às avaliações nos biótipos de *D. insularis*.

Para realizar as avaliações biométricas (destrutivas) e de N-P-K na cultura da soja, foram coletadas duas plantas por parcela, na extremidade da área útil da parcela, para minimizar os efeitos negativos da retirada das plantas. Na avaliação biométrica da soja foi determinada:

-Altura das plantas (cm) foi medida com auxílio de uma régua graduada e quantificada em cm, considerando-se a distância vertical do solo até o ponto mais alto da planta;

-Área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) foi obtida pelo medidor de área Licor Instruments (*modelo LI 3100*), que realiza a medição da área de cada folha em cm^2 . Para realizar a medida da área foliar, as plantas foram colhidas e levadas ao laboratório e separada em partes para retirada das folhas;

-Número de vagens por planta ($\text{n}^\circ \text{ planta}^{-1}$), foi obtido a partir da média do número de vagens contado em 10 plantas por parcelas;

-Massa seca total de planta (g planta^{-1}) foi determinado na parte aérea da planta, em todas as amostragens. O material foi coletado e devidamente separado acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após a secagem foi determinada a massa seca total das amostras em balança analítica, com resultado em g planta^{-1} ;

-Teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) (g kg^{-1}) foram determinados utilizando as massas secas das folhas das plantas de soja coletadas de durante as avaliações coletadas conforme metodologia utilizada por Gott et al., (2014). Depois de coletas as folhas foram lavadas com água destilada, e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após secas, as folhas foram moídas em moinho tipo Willy.

A extração foi realizada a partir do método Kjeldahl (N), método colorimétrico (P) e espectrometria de absorção atômica (K), adaptado por LANA et al., (2010).

-A Produtividade de soja (kg ha^{-1}) foi determinada após a colheita manual das plantas de soja em uma área equivalente à $4,5 \text{ m}^2$ por parcelas, e beneficiamento em trilhadora manual. Depois de trilhados os grãos foi realizado a correção da umidade para 13%.

3.5.6. Eficiência Agronômica da Soja em Função da Água

Para calcular a eficiência agronômica do soja em função da água, foram utilizados os valores da precipitação em mm (FIGURA 9) e da produtividade em kg ha⁻¹. A eficiência agronômica foi estimada pela metodologia adaptada de Pereira, Cordery e Iacovides (2009).

$$WPt = \frac{Y}{At}$$

Onde:

WPt = Produtividade da água total (kg mm)

Y = Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)

At = Quantidade total de água (precipitação durante todo o ciclo) (mm)

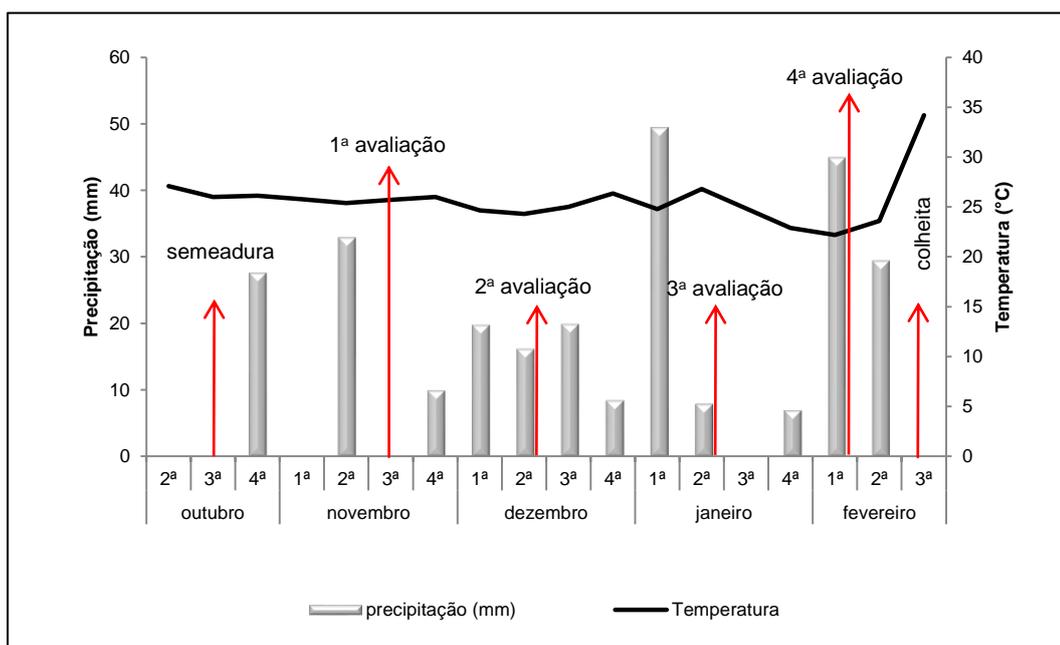


Figura 9. Dados pluviométricos em mm da área experimental, durante o período de condução do experimento de soja cultivada na safra de 2016/17 em Marechal Cândido Rondon-Paraná.

3.5.7. Análise Estatística

Os dados da altura das plantas de soja, massa seca de planta da soja, massa seca das plantas de *D. insularis*, produtividade de soja e teores de nitrogênio, fósforo e potássio, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste 'F' ($P \leq 0,05$), e as variáveis significativas foram ajustadas a modelos de regressão, sendo as equações escolhidas com base nos modelos significativos de elevado R^2 e com lógica biológica.

3.5.8. Determinação do Nível de Dano Econômico

O nível de dano econômico (NDE) foi calculado conforme fórmula sugerida por Rizzardi, Fleck e Agostinetto (2003) em que:

$$NDE = \frac{CC}{(PC * R * (\frac{i}{100}) * (\frac{E}{100}))}$$

Para o cálculo do NDE foi considerado o custo do controle (CC) que oscilou de US\$ 30,00 a 90,00 e o preço da cultura (PC) que variou entre US\$ 11,00 a 23,00, o rendimento da soja (R), a porcentagem de perda de rendimento da cultura (i) e os valores para eficiência do herbicida (E) (que foi considerado como sendo 90% do controle).

O custo de controle foi determinado com base nas estratégias de manejo de plantas daninhas para soja por hectare, utilizados no Oeste do Paraná no período de 2017/18. Os valores de referência foram obtidos através de empresas prestadoras de assistência técnica e distribuidoras de produtos registrados para a cultura da soja (DERAL; Agrícola Horizonte; Coopagril; Disam), através de comunicação pessoal (Tabela 6).

O preço da cultura seguiu a variação dos valores verificados no Oeste do Paraná no período de no período de 2000 a 2018 em dólares, baseados em dados obtidos no DERAL (2018).

Para os rendimentos (R) da soja foi adotado o valor obtido nas parcelas no limpo de 3337,31 kg ha⁻¹. O percentual de perda de rendimento da soja (i) em

convivência com as plantas *de D. insularis* (m²), foram obtidos com os ajustes de regressão linear em função dos valores das porcentagens de perdas na soja causadas pelas densidades *de D. insularis*, conforme metodologia adaptada de Vidal et al. (2005).

Os dados obtidos para o NDE foram aplicados a gráfico de superfície construído a partir de modelos múltiplos de regressão, de elevado R² e com lógica biológica. Para futuras comparações, o valor do dólar no período experimental foi de R\$ 3,74.

Tabela 6. Estratégias de controle de plantas daninhas utilizadas na dessecação da área, pré-semeadura e pós-emergência da cultura da soja de verão no Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, Paraná, BR.

Estratégia	Manejo adotado	Método de aplicação	Produto comercial p.c.	Volume do produto comercial (L ha ⁻¹)	Preço da dose (R\$ ha ⁻¹) L ⁻¹ , kg ⁻¹ , H M ⁻¹ ou homem ⁻¹	Custo de controle ha ⁻¹	
						R\$	US\$
1	Dessecação	Tratorizado	Zapp	3,5	17,75	119,92	32,06
			Aminol	1,7	16,35		
			H M**		30,00		
2	Dessecação	Tratorizado	Zapp	3,5	17,75	278,84	74,56
			Aminol	1,7	16,35		
	H M**		30,00				
	Dessecação	Zapp	3	17,75			
		Aminol	1,7	16,35			
3	Pós-emergente	Tratorizado	H M**		30,00	274,30	73,34
			Zapp	3	17,75		
			Select	2	40,00		
4	Dessecação	Tratorizado	H M**		30,00	335,48	89,70
			Zapp	3	17,75		
			Select	2	40,00		
	Pós-emergente	Tratorizado	Zapp	3	19,66		
			H M**		30,00		
	Pós-emergente	Tratorizado	Zapp	3	17,75		
			H M**		30,00		
5	Dessecação*	Tratorizado	Zapp	3,5	17,75	154,92	41,42
			Aminol	1,7	16,35		
	H M**		30,00				
	Capina		Homem***	35,00			
6	Dessecação	Tratorizado	Zapp	3	17,75	229,30	61,31
			Aminol	1,7	16,35		
	H M**		30,00				
	Pós-emergente	Tratorizado	Zapp	3	17,75		
			H M**		30,00		
Capina		Homem***	35,00				

Fonte: comunicação pessoal (Coopagrifil, Agrícola Horizonte, Disam)

* soja convencional

** H M (hora máquina)

*** Homem Valor da diária homem ha⁻¹ (rendimento de 4 ha^{-dia})

3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.6.1. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade da Soja

Não foi verificada interação entre os biótipos e as densidades de *Digitaria insularis* para altura de planta, área foliar, massa seca de planta, teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K), número de vagens, produtividade de soja e eficiência agrônômica da soja em função da água (Tabela 7). Os biótipos de *D. insularis* não diferiram estatisticamente para as variáveis estudadas. Entretanto, para as densidades de *D. insularis* foi confirmado diferença.

A altura das plantas da soja foi menor com o aumento das densidades de *D. insularis* (Figura 10). A diferença na altura das plantas de soja na convivência com 56 plantas m⁻² de *D. insularis* comparado com a testemunha foi de 20,5%.

Em outro estudo foi verificada redução de 20,6% na altura da soja em função da convivência com plantas de *Chloris polydactyla*, na densidade de 20 plantas m⁻² (BARROSO et al., 2014). Do mesmo modo, a convivência de 20 plantas m⁻² de biótipos de buva resistente e suscetível ao glyphosate com a soja (cv. CD 226 RR) reduziu a altura da soja em 25,2 e 22,9%, respectivamente, (SILVA et al., 2014b). As semelhanças observadas na redução na altura de planta de soja, destacam que a cultura da soja sempre tem a altura comprometida quando está em competição com as plantas daninhas.

O efeito negativo da matocompetição foi tão acentuado que a área foliar da soja reduziu 48% com a convivência de sete plantas m⁻² de *D. insularis* (Figura 11).

A diferença da agressividade da *D. insularis* relacionada a outras plantas daninhas na redução da área foliar da soja pode ser notada ao comparar o resultado deste experimento com o trabalho realizado por Dias et al., (2010) que verificaram redução da área foliar da soja cv. M-Soy 8045 de 20,3 e 11% para a *Brachiaria plantaginea* e *Commelina benghalensis*, respectivamente, simulando a convivência com sete plantas m⁻². Deste modo, os resultados observados para área foliar nos trabalhos demonstram que a interferência foi maior quando a cultura competiu com as gramíneas.

Tabela 7. Quadrados médios, média geral e coeficiente de variação da análise de variância referentes a: Altura de planta (ALT), Área foliar (AF), Massa seca total (MST), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), número de vagens (NV), Produtividade (PROD) e Eficiência agrônômica da soja em função da água (EASFA) de soja em competição com biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, cultivada na safra de 2016/17 em Marechal Cândido Rondon-Paraná.

Fonte de variação	Quadrados médios									
	GL	ALT (cm)	AF (cm ²)	MST (g)	N (g Kg ⁻¹)	P (g Kg ⁻¹)	K (g Kg ⁻¹)	NV (unid.)	PROD (Kg ha ⁻¹)	EASFA (Kg mm)
Biótipos (B)	1	1,600 ^{ns}	27,423 ^{ns}	0,511 ^{ns}	9.2641 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	2,0475 ^{ns}	138,756 ^{ns}	54016,620 ^{ns}	426,474 ^{ns}
Densidades (D)	4	241,173 ^{**}	537837,413 ^{**}	1049,129 ^{**}	226,7015 ^{**}	0,1198 ^{**}	303,5613 ^{**}	1423,172 ^{**}	10295484,112 ^{**}	103241,390 ^{**}
Blocos	3	32,518 ^{ns}	20821,817 [*]	19,325 ^{ns}	21,3098 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	72,1182 ^{ns}	64,589 ^{ns}	4658,351 ^{ns}	83,466 ^{ns}
B x D	4	0,197 ^{ns}	1041,884 ^{ns}	0,335 ^{ns}	6,5844 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	1,7931 ^{ns}	14,209 ^{ns}	15065,101 ^{ns}	110,527 ^{ns}
Erro	27	24,22	6789,662	54,5010	21.9337	0,0047	17,6881	35,113	8269,543	68,145
CV (%)		7,76	24,90	26,10	15,31	8,36	10,22	13,49	5,79	5,28
Média geral		85,43	330,906	28,2855	30,5812	0,8241	41,1317	43,937	1570,540	156,342

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

GL = Grau de Liberdade

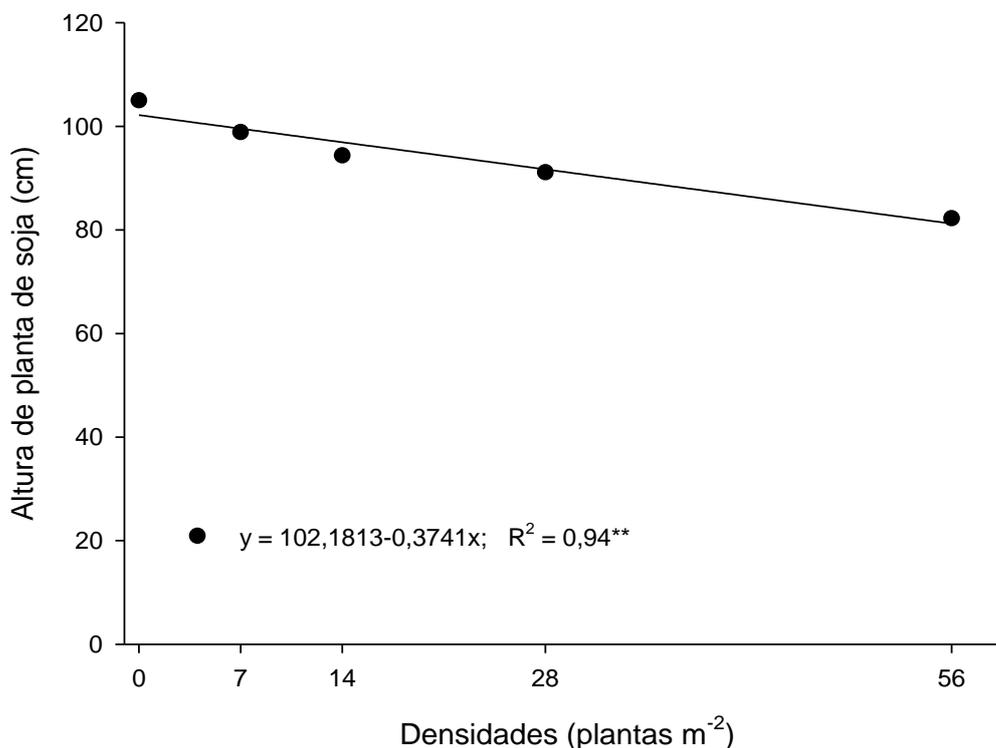


Figura 10. Altura de planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Ao quantificar a massa seca da soja foi verificado que sete plantas m⁻² de *D. insularis* proporcionaram 35,7% menos massa seca da soja comparado com a testemunha (Figura 12).

Em estudos com a cultura da soja em convivência com *Urochloa brizantha* foi verificado redução 7% na massa seca da soja cultivar BRS 243 RR até 60 após a emergência (DAE) e redução de 29,5% na massa seca da cultivar M-8766 durante 24 DAE (FERREIRA et al., 2015; SARAIVA et al., 2013).

Na cultura do Girassol (que tem maior porte) também foi verificado redução na massa seca da cultura durante o verão (13%) com 50 dias de convivência, mesmo com a competição de varias espécies simultaneamente (*Acanthospermum hispidum*, *Cenchrus echinatus*, *Cyperus rotundus*, *Ipomoea* spp. e *Portulaca oleracea*) (SILVA et al., 2013).

O potencial de dano *D. insularis* foi verificado também no crescimento inicial da cultura do cafeeiro, que apresentou redução média de 30% da massa seca de parte aérea convivendo com 16 plantas m⁻² de *D. insularis* (CARVALHO et al., 2013).

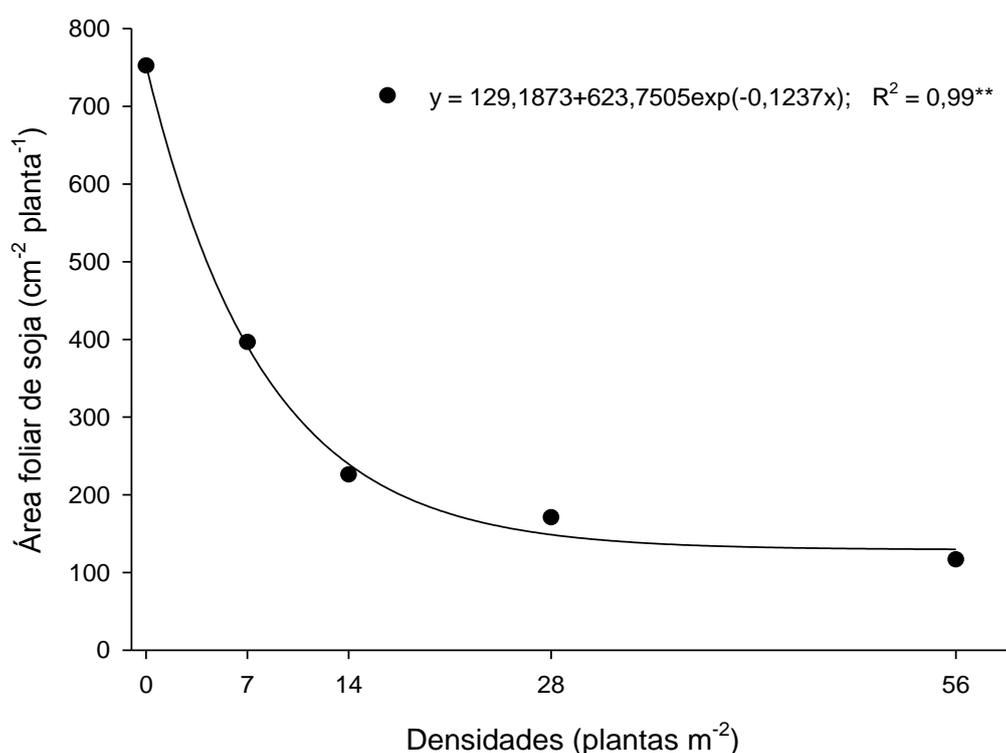


Figura 11. Área foliar de planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Os teores de nutrientes foliares da cultura da soja reduziram à medida em que houve aumento das densidades de *D. insularis* (Figuras 13, 14 e 15). As perdas máximas nos teores de N, P e K na cultura da soja foram na ordem de 31,7%, 26,5% e 26,8%, respectivamente, na competição de 28 plantas m⁻² de *D. insularis*. Nessa mesma densidade (28 plantas m⁻²), foi verificado que as perdas são de 0,46; 0,008 e 0,42 g Kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

O conhecimento das perdas de nutrientes verificada na soja é extremamente importante, pois na prática o produtor pode estimar a adubação de cobertura na cultura, evitando que falte nutrientes para a cultura.

Em estudos de competição de *D. insularis* com cafeeiro, Carvalho et al. (2013) notaram que a convivência de 16 plantas m^{-2} proporcionaram redução dos teores de N e K em 24,3 e 8%, respectivamente, corroborando com as perdas observadas para cultura da soja.

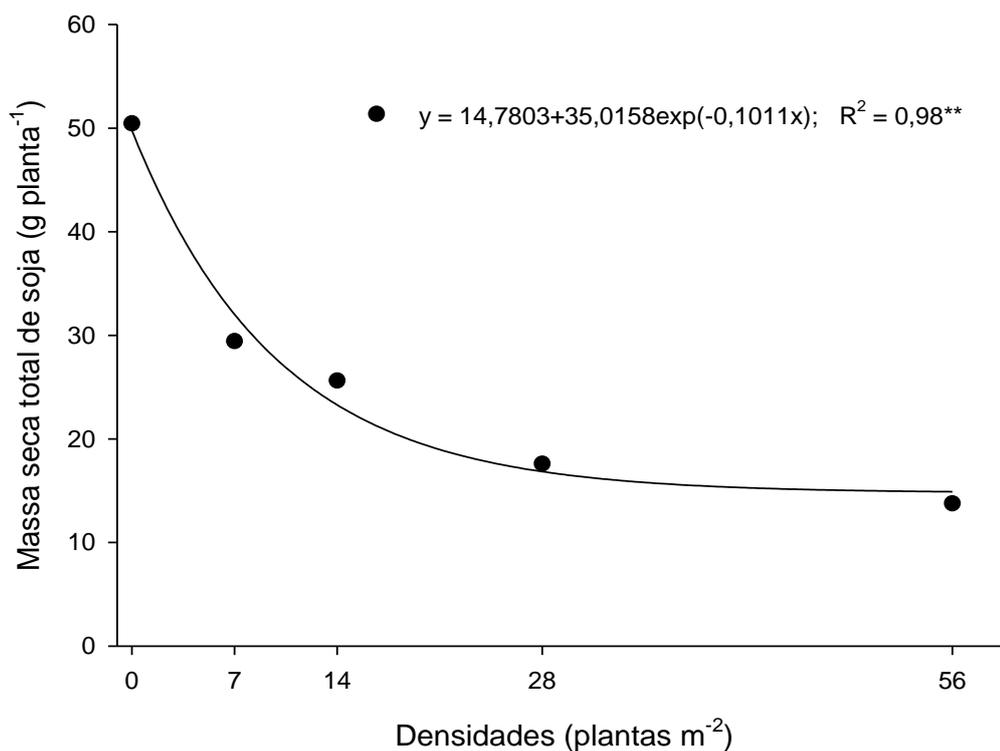


Figura 12. Massa seca total de planta de soja no estágio V_6 , em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Nos estudos realizados por Cury et al. (2013), foi observado que aos 45 DAE a *B. plantaginea* em convivência no feijão inferiu perdas no conteúdos de relativo de N, P e K foliar na média de 87, 94 e 78% para as cultivares IPR Colibri, IPR Eldorado e Pérola, respectivamente. Este resultado destaca que a competição de nutrientes pelas plantas daninhas são mais evidentes na cultura do feijoeiro.

Os resultados observados nos experimentos citados anteriormente para absorção N, P e K, corroboram com as pesquisas realizadas por Lamego et al. (2005) que relataram as maiores perdas de nutrientes ($\pm 90\%$) ocorrem em função do

aumento da densidade das plantas daninhas, e os 10% restantes podem ocorrer quando as culturas são semeadas após a emergência das plantas daninhas (SILVA et al., 2009).

Portanto, deve-se evitar ao máximo que plantas daninhas como a *D. insularis* estejam em áreas de cultivo de soja, pois estas demonstraram que são extremamente agressivas na competição de N, P e K.

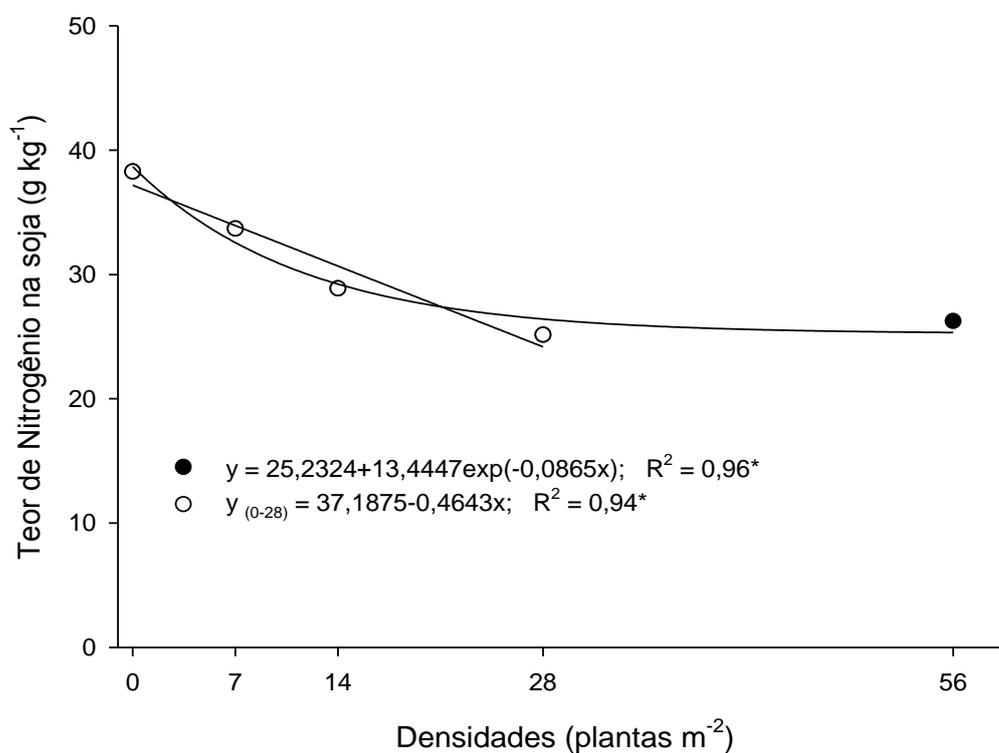


Figura 13. Teor de nitrogênio foliar na planta de soja no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. * significativo a 5% de probabilidade de erro.

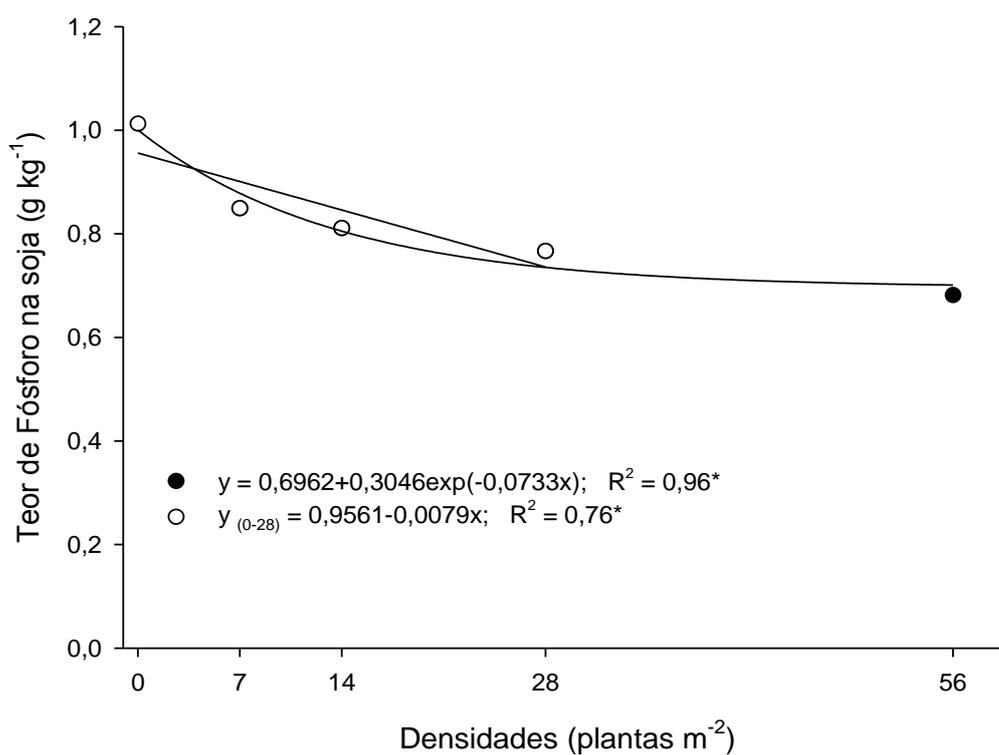


Figura 14. Teor de fósforo foliar da planta de soja no estágio V_6 , em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. * significativo a 5% de probabilidade de erro.

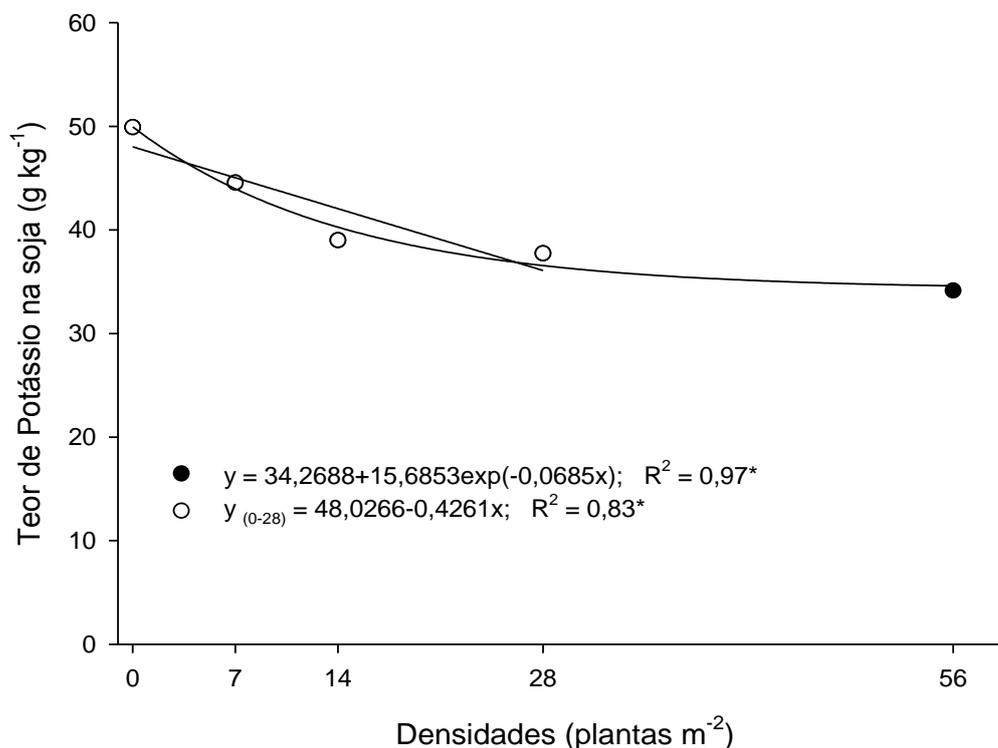


Figura 15. Teor de potássio foliar da planta de soja no estágio V_6 , em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. * significativo a 5% de probabilidade de erro.

Assim como nas demais variáveis avaliadas a produção de vagens da cultura da soja foi bastante prejudicada pelo aumento da densidade de plantas de *D. insularis*, com redução de 21,1% das vagens da soja com a convivência de sete plantas m^{-2} de *D. insularis* (Figura 16).

Os resultados verificados neste experimento consolida as observações relatadas por Lamego et al. (2004) e Silva et al. (2008) de que a convivência de plantas daninhas com as plantas cultivadas podem comprometer o desenvolvimento e as estruturas reprodutivas. E conseqüentemente resultará em uma menor produtividade.

Outra planta que destacou-se na capacidade de redução do número de vagens foi a *Conyza bonariensis*, conforme pode ser observado no estudo de realizado por Agostinetto et al. (2017), que verificaram redução no número de

vagens da soja de 11% na cv. BRS Estância e 69,3% na cv. BMX Turbo proporcionada pela convivência de sete plantas m^{-2} de *C. bonariensis*. Os autores destacaram que uma alternativa de reduzir as perdas proporcionadas pela matocompetição seria a utilização de cultivares de soja com rápido crescimento e que apresente maior porte, porém se as plantas daninhas conseguirem crescer na entre-linha da cultura e for maior que a planta de soja ainda pode causar prejuízo, pois, irá competir com a soja durante o enchimento dos grãos.

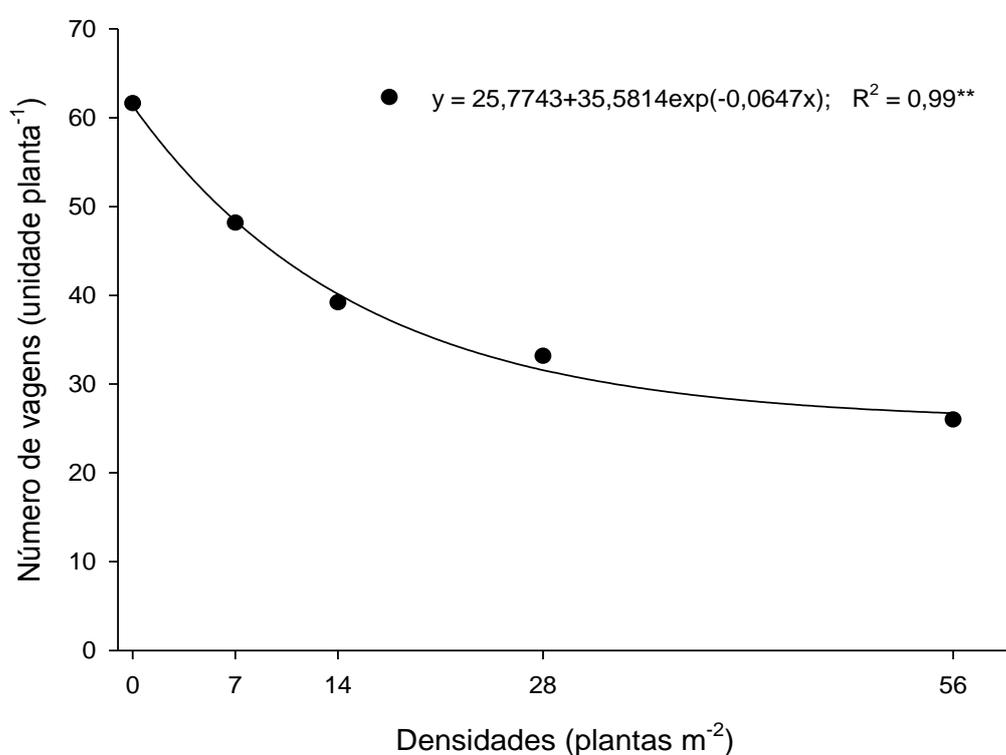


Figura 16. Número de vagens por planta de soja no estágio V_6 , em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

O resultado da convivência foi a redução na produtividade da soja, que ocorreu exponencialmente à medida que aumentou a densidade de plantas de *D. insularis*, com perda máxima de 87,2% (Figura 17). A redução foi mais acentuada

até a densidade de 28 plantas m^{-2} de *D. insularis*, com perda no rendimento de 2,51 kg planta $^{-1}$.

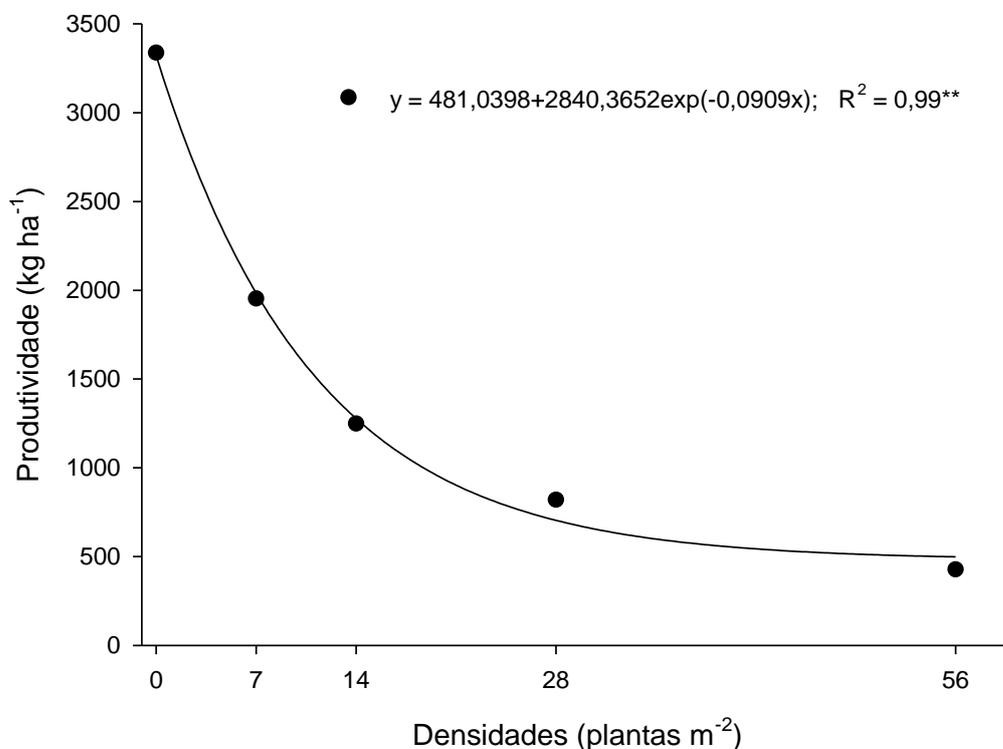


Figura 17. Produtividade de soja em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Em experimentos com a soja cv. Monsoy 7908 RR a convivência de 56 plantas m^{-2} de espécies distintas durante todo ciclo resultou em perda 19,9% da produtividade, entretanto, nas parcelas que tinha alta infestação de carrapichão (*Xanthium strumarium*) as perdas foram de 30,1% (BENEDETTI et al., 2009). Segundo os autores, o aumento nas perdas da produtividade aconteceram principalmente pela convivência da *X. strumarium*, que apresenta porte alto e parte aérea bastante fibrosa.

Na pesquisa realizada por Trezzi et al. (2013) com as variedades de soja CD 225 RR, BRS 232, CD 226 RR, NK 7054 RR, BMX Apollo RR, BR 245 RR e BR 255 RR em competição com média de 13,3 plantas m^{-2} de *C. bonariensis*, foi verificada perda na produtividade de 30, 14, 0, 25, 35, 27 e 28%, respectivamente.

Na cultura do feijoeiro, a redução da produtividade foi de 67% com a interferência de média 156 plantas m^{-2} de diversas espécies durante todo o ciclo (SALGADO et al., 2007). No milho competindo com várias espécies de plantas daninhas, as perdas variaram de 38 a 65% (GANTOLI; AYALA; GERHARDS, 2013).

Enfim, nota-se que o grau de interferência imposto pelas plantas daninhas na cultura da soja varia bastante com a cultivar e também com as plantas daninhas existentes na área. Contudo, entre os resultados apresentados, observou-se as maiores perdas quando a cultura competiu com a *D. insularis*.

Além do mais, em todos os trabalhos de matocompetição foram relatados que a escolha da variedade de soja a ser utilizada pode ser determinante para diminuir os efeitos da matocompetição. Os efeitos negativos das plantas daninhas são mais intensos em culturas que tem menor porte, portanto, deve-se priorizar a semeadura de cultivares mais precoces, de porte mais elevado e que apresente maior potencial de rendimento (BALBINOT Jr. et al., 2003; BIANCHI et al., 2010).

Nota-se também a necessidade de se evitar plantas de *D. insularis* na cultura, pois estas podem ultrapassar 113 centímetros (FERREIRA et al., 2018) e mesmo os cultivares de soja de maior porte pode ter a capacidade de interceptação da radiação solar da soja diminuída, e as consequências são plantas de soja pequenas, com baixa área foliar e menor acúmulo de massa seca (FONTANA et al., 2012) e nos casos mais críticos as plantas sombreadas morre por falta de luz ou reduz drasticamente a produtividade (BIANCHI et al., 2006).

Em suma, para evitar a *D. insularis* deve-se priorizar o manejo no máximo durante o período anterior a interferência (PAI) da cultura, pois a partir deste período o desenvolvimento e a produtividade passam a ser afetados significativamente e pode não existir mais recuperação (KOZLOWSKI, 2002; NEPOMUCENO et al., 2007; TREZZI et al., 2014).

Na Figura 18 está representado o resultado da eficiência agrônômica da soja em função da água e das densidades de *D. insularis* que relaciona a produtividade da cultura com a precipitação ocorrida no local. Foi verificado que a produtividade perdeu $0,29 \text{ kg ha}^{-1}$, devido a competição de uma planta m^{-2} de *D. insularis*, e com 56 plantas m^{-2} competindo com a soja a redução foi de 85%, comparado com a testemunha.

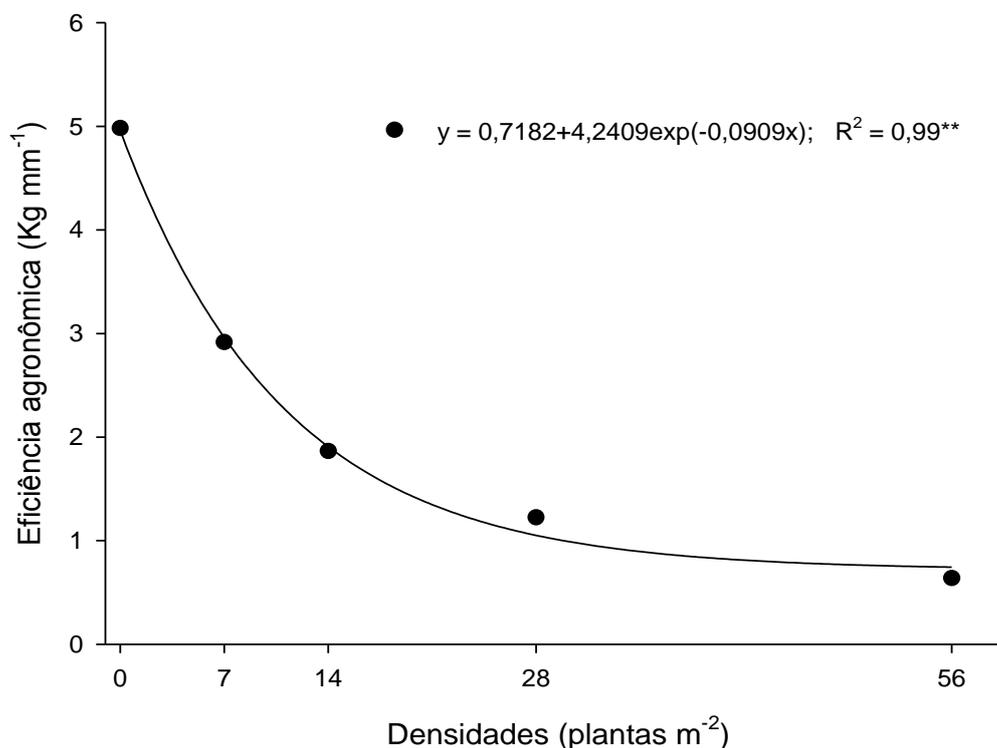


Figura 18. Eficiência agrônômica da soja em função da água e das diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Trabalhos de eficiência agrônômica da soja em função da água com matocompetição não são relatados na literatura. No entanto, foram verificados redução da produtividade da soja em relação a lâmina de água aplicada (LEITE et al., 2013; MARTIN et al., 2012; RODRIGUES et al., 2010; TOLK; HOWELL, 2012).

A produção das culturas tem uma grande dependência da água, e quando a lavoura se encontra em competição com as plantas daninhas, a demanda aumenta significativamente. E para suprir a necessidade de um número maior de plantas por área, a disponibilidade de água deve aumentar no mínimo em 40% (com adoção de irrigação), senão a cultura tem a produção comprometida (ZWART; BASTIAANSEN, 2004). Entretanto, se a soja estiver competindo com plantas de *D. insularis*, o aumento de 40% na disponibilidade de água só resolveria o problema se a desinidade da *D. insularis*, fosse no máximo de sete plantas m⁻².

3.6.2. Nível de Dano Econômico (NDE) da *D. insularis* na Cultura da Soja

Os resultados verificados para o nível de dano econômico (NDE) ao simular uma condição de baixo custo de controle ha^{-1} (US\$ 30,00) e elevado preço de venda do saco de 60 kg de soja (US\$ 23,00), foi de 0,86 plantas m^{-2} de *D. insularis*. E quando os valores se invertem (alto custo do controle ha^{-1} (US\$ 90,00) e baixo preço de venda do saco de 60 kg (US\$ 11,00), estimou-se o NDE de 10,85 plantas m^{-2} de *D. insularis* (Figura 19). Deste modo, ficou constatado que a alteração no número de plantas do NDE ocorre quando os valores de custo de controle da *D. insularis* e preço da soja se alteram. Portanto, torna-se economicamente compensador realizar o manejo quando as populações de *D. insularis* são baixas e o preço de venda são os maiores, pois, deixa uma maior margem de lucro para o produtor.

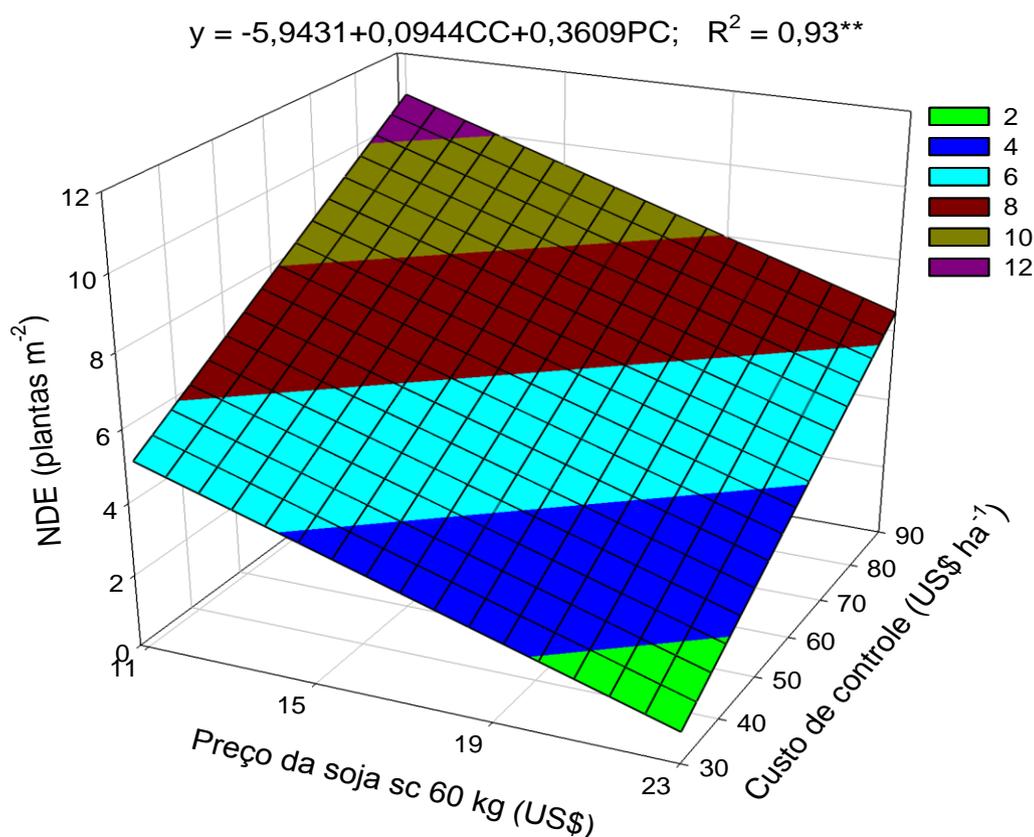


Figura 19. Nível de dano econômico na soja em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

O mesmo padrão de alteração no NDE foi verificado por Galon et al., (2007) na competição da *Echinochloa* spp. em com arroz irrigado, com variação no NDE de 0,49 a 3,07 plantas m⁻². Para a competição de *Euphorbia heterophylla* no feijão, foi determinado NDE com variação entre 0,3 a 3,3 (MACHADO et al. 2015). Enquanto que, para gramínea *Brachiaria plantaginea* no feijão o NDE ficou entre 0,6 a 15 plantas m⁻² (VIDAL et al., 2010).

As diferenças nos resultados de NDE podem ser atribuídas às condições experimentais, à proporção de cada espécie de plantas daninhas em competição, a composição das plantas daninhas presentes na área, diferenças edafoclimáticas, espaçamento e outros diversos fatores específicos de cada local, como clima e solo.

Embora os NDEs reflitam apenas o dano direto causado pela planta daninha e não o dano potencial subsequente causado pela sua produção de sementes,

Quando as plantas daninhas estão em baixa densidade na área o uso do NDE passa a ser dificultado, porque ele contabiliza apenas o dano direto causado pela planta daninha e não o dano potencial subsequente causado pela sua produção de sementes (RIZZARDI et al., 2003), portanto, deve-se salientar que as plantas daninhas não controladas, além de competir com a cultura, abastece o banco de sementes no solo, o que poderá resultar em prejuízos nas safras futuras (VIDAL et al., 2010).

E se caso a planta daninha for a *D. insularis*, que tenha fator de resistência semelhante ao observado neste estudo (27,3), será necessário aumentar o investimento do controle químico pois esta planta só foi controlada com dose elevada, e o resultado será o aumento da pressão de seleção exercida pelo herbicida na área de cultivo.

Para quantificar o tamanho do problema de uma planta na área de cultivo, ao relacionar o resultado de NDE da soja na menor densidade e os resultados do potencial de produção de sementes por planta da *D. insularis* (média de 40 mil sementes) (FERREIRA et al., 2018), quando se tolera 0,86 plantas m⁻² de *D. insularis*, ocorrerá uma produção de aproximadamente 34 mil sementes (apenas nesta planta), deste total cerca de 40% serão viáveis (média de 13,6 mil sementes viáveis), com variação de $\pm 15\%$.

Outra situação que deve ser considerada ocorre quando o NDE passa a ser de 10,85 plantas m⁻² de *D. insularis*. Nessas condições deve-se redobrar a atenção,

pois mesmo que esse número de plantas possa ser tolerado, além de proporcionar redução na produtividade em 40,3% (Figura 9), pode produzir uma média de 173,6 mil sementes viáveis, reabastecendo o banco de sementes de plantas de difícil controle. Deste modo, ao considerar que soja apresenta elevado valor comercial, justifica-se economicamente a adoção de medidas de controle da *D. insularis*.

Em contrapartida, a tentativa de controlar todas as plantas daninhas presentes na área, além de ter um custo extremamente elevado pode contribuir para a eliminação das plantas.

Portanto, baseado nos fatos verificados no presente estudo sugere-se que a alternativa para o controle da *D. insularis* deve priorizar o uso do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), adotando principalmente o uso de plantas de cobertura para período sem cultivo, onde a produção de palhada irá dificultar a germinação das sementes da planta daninha, a rotação de cultura com uso de cultivares de ciclo precoce e de porte elevado que consiga competir com a *D. insularis*, e o uso de herbicidas que apresentam diferentes mecanismos de ação, para evitar a seleção de biótipos resistentes.

3.7. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho possibilitaram constatar que não houve alteração no nível de dano econômico na cultura da soja entre os biótipos de *D. insularis* resistente ou suscetível ao glyphosate. Ao considerar o baixo custo de controle da *D. insularis* e o elevado preço de venda da soja para a 2017/18, foi possível determinar o NDE de 0,86 plantas m⁻² da *D. insularis*. O uso de critérios econômicos pode reduzir o impacto nas estratégias de controle da *D. insularis*, e proporciona o máximo rendimento econômico da cultura.

3.8. REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L. C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília**, v. 488, n. 10, p. 1315–1322, 2013.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; RIGOLI, R. P.; MORAES, P. V. D.; FONTANA, L. C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria, Curitiba**, v. 10, n. 3, p. 185–190, 2009.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J. M. B. V.; TIRONI, S. P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. Número especial, p. 993–1003, 2010.
- AGOSTINETTO, D.; SILVA, D. R. O.; VARGAS, L. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy fleabane interference. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1–8, 2017.
- ARAÚJO, K. C.; SILVEIRA JÚNIOR, M. A.; FERREIRA, E. A.; De BARROS SILVA, E.; PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; LIMA, R. C. Crescimento do feijoeiro sob efeito de adubação e competição com plantas daninhas. **Nativa, Sinop**, v. 6, n. 1, p. 20–26, 2018.
- BALBINOT JR., A. A.; FLECK, N. G.; MENEZES, V. G.; AGOSTINETTO, D. Competitividade de cultivares de arroz irrigado com cultivar simuladora de arroz-vermelho. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 1, p. 53–59, 2003.
- BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, L. J. P.; ALBRECHT, L. P.; et al. Competição entre a cultura da soja e a planta daninha *Chloris polydactyla*. **CERRADO AGROCIÊNCIAS Revista do Centro Universitário Patos de Minas**, , n. 5, p. 82–90, 2014.
- BENEDETTI, J. G. R.; PEREIRA, L.; ALVES, P. L. C. A.; YAMAUTI, M. S. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja transgênica. **Scientia Agraria, Curitiba**, v. 10, n. 4, p. 289–295, 2009.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; FREDERIZZI, L. C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, **Campinas**, v. 65, n. 4, p. 623–632, 2006.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, **Viçosa**, v. 28, n. spe, p. 979–991, 2010.

BOEREMA, A.; PEETERS, A.; SWOLFS, S.; VANDEVENNE, F.; JACOBS, S.; STAES, J.; MEIRE, P. Soybean Trade: Balancing Environmental and Socio-Economic Impacts of an Intercontinental Market. **PloS one**, v. 11, n. 5, p. 1–13, 2016.

BORCHARTT, L.; JAKELAITIS, A.; VALADÃO, F. C. A.; VENTUROSOS, L. A. C.; SANTOS, C. L. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ciência Agronômica**, **Fortaleza**, v. 42, n. 3, p. 725–734, 2011.

BRIDGES, D. C.; BRECKE, B. J.; BARBOUR, J. C. Wild Poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) Interference with Peanut (*Arachis hypogaea*). **Weed Science**, v. 40, n. 1, p. 37–42, 1992.

CARVALHO, L. B. **Plantas daninhas**. 1^o ed. Lages, SC, p. 82, 2013.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; BIANCO, S. Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. **Planta Daninha**, **Viçosa**, v. 31, n. 1, p. 109–115, 2013.

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; et al. Detection of Sourgrass (*Digitaria insularis*) Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171–176, 2011. Weed Science Society of America 810 East 10th Street, Lawrence, KS 66044-8897.

CARVALHO, L. D.; FERREIRA, F. M.; BUENO, N. M. Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta falsa-medideira na cultura da soja. **Enciclopedia Biosfera**, **Goiânia**, v. 8, n. 15, p. 1021–1034, 2012.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.;

DOURADONETO, D. ; VAN LIER, Q. J.; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiation and physiologic aspects in soybean - A review. **Revista da FZVA, Uruguiana**, v. 14, n. 2, p. 102–120, 2007.

COBLE, H. D.; MORTENSEN, D. The threshold concept and its application to weed scienc. **Weed Technology**, v. 6, n. 1, p. 191–195, 1992.

CONAB: COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. safra 2018/2019. v.5, n.7, Sétimo levantamento, Abril, 2018. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/16780_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48>. Acesso em: 06/04/2018.

CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 1, p. 93–101, 2015. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000100093&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 16/10/2015.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Controle de plantas daninhas na cultura de soja resistente ao glyphosate. **Bragantia, Campinas**, v. 69, n. 2, p. 319–327, 2010.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia, Campinas**, v. 67, n. 3, p. 663–671, 2008.

COWBROUGH, M. J.; BROWN, R. B.; TARDIF, F. J. Impact of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) aggregation on economic thresholds in soybean. **Weed Science**, v. 51, n. 6, p. 947–954, 2003.

CUNHA, J. L. X.; FREITAS, F. C. L.; COELHO, M. E. H.; DA SILVA, M. G. O.; DE SOUZA SILVA, K.; DO NASCIMENTO, P. G. M. L. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional conventional. **Revista Agro@ambiente, Boa Vista**, v. 8, n. 1, p. 119–126, 2014.

CURY, J. P.; SANTOS, J. B.; SILVA, E. B.; Braga, R. R.; CARVALHO, F. P.; VALADÃO SILVA, D.; BYRRO, E. C. M. eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 31, n. 1, p. 79–88, 2013.

CURY, J. P.; SANTOS, J. B.; VALADÃO SILVA, D.; CARVALHO, F. P.; BRAGA, R. R.; BYRRO, E. C. M.; FERREIRA, E. A. Produção e partição de matéria seca de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 29, n. 1, p. 149–158, 2011.

DALTOÉ, L. R. **Avaliação do complexo da soja nas exportações brasileiras a partir dos anos 2000**. 2016. 41 p. Monografia (Especialização em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

DERAL. **Estimativa mensal de plantio, colheita e comercialização da cultura: milho (2ª SAFRA)**. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2019/07/conab-eleva-estimativa-de-safra-20182019-para-2407-milhoes-de-toneladas.html>>. Acesso em: 9/2/2018.

DIAS, A. C. R.; CARVALHO, S. J. P.; MARCOLINI, L. W.; MELO, M. S. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Competitiveness of alexandergrass or bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. 3, p. 515–522, 2010b.

DINIZ, K. D.; MACEDO, N. A.; PORTELA, G. F.; REZENDE, L. P. banco de sementes de plantas daninhas em área de pastagem *Panicum maximum* Jacq. cultivar Mombaça NO MUNICÍPIO DE BALSAS - MA. **Biodiversidade**, v. 16, n. 3, p. 27–39, 2017.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha, Viçosa-MG**, v. 22, n. 2, p. 195–201, 2004.

FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; REIS, L. A. C. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 1, p. 39–47,

2011.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; DA SILVA, D. V.; DOS SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 2, p. 115–121, 2015.

FERREIRA, S. D. **Ciclo biológico de biótipos de *Digitaria insularis* suscetível e resistente ao glyphosate em dois períodos de crescimento**. 2016. 78 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016.

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. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 36, p. 1–9, 2018.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. nível de dano econômico como critério para tomada de decisão no controle de guaxuma em soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 20, n. 3, p. 421–429, 2002.

FONTANA, D. C.; ALVES, G. M.; ROBERTI, D.; MORAES, O. L. L.; GERHARDT, A. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura da soja através de dados do sensor Modis. **Bragantia, Campinas**, v. 71, n. 4, p. 563–571, 2012.

FRANCO, J. J.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A. C.; PERBONI, L. T.; VARGAS, L. relative competitiveness of goosegrass biotypes and soybean crops. **Caatinga, Mossoró**, v. 30, n. 2, p. 271–277, 2017.

FREITAS, R. D.; MENDONÇA, M. A. . Expansão Agrícola no Brasil e a Participação da Soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba**, v. 54, n. 3, p. 497–516, 2016.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P. V. D.; DAL MAGRO, T.; PANOZZO, L. E.; BRANDOLT, R. R.; SANTOS, L. S. níveis de dano econômico para decisão de controle de capim- arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta**

Daninha, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 709–718, 2007.

GALON, L.; FORTE, C. T.; GABIATTI, R. L.; RADUNZ, L. L.; ASPIAZU, I.; KUJAWINSKI, R.; DAVID, F. A.; CASTOLDI, C. T.; PERIN, G. F.; RADUNZ, A. L.; ROSSETTI, J. Interference and economic threshold level for control of beggartick on bean cultivars. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 34, n. 3, p. 411–422, 2016.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; VARGAS, L.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; MINELLA, E.; SOARES, E. R.; FERREIRA, F. A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha, Viçosa-MG**, v. 29, n. 4, p. 771–781, 2011.

GANTOLI, G.; AYALA, V. R.; GERHARDS, R. Determination of the Critical Period for Weed Control in Corn. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 63–71, 2013.

GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L.; ADEGAS, F. S. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, p. 345–350, 2012.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR., R. S.; COSNTAMTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; DE CAMPOS JUMES, T. M.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; BIFFE, D. F. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231–240, 2012.

GHANIZADEH, G.; LORZADEH, S.; ARYANNIA, N. Effect of weed interference on *Zea mays*: Growth analysis. **Weed Biology and Management**, v. 14, n. 2, p. 133–137, 2014.

GHAREKHLOO, J.; NOROOZI, S.; MAZAHARI, D.; GHANBARI, A.; GHANNADHA, M. R.; VIDAL, R. A.; PRADO, R. D. Multispecies weed competition and their economic threshold on the wheat crop. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. 2, p. 239–246, 2010.

GOFFI, M.; TIRONI, S. P.; RADUNZ, A. L.; TRAMONTIN, M. A. Produtividade e retorno econômico da cultura da soja com tecnologia. **Agrarian Academy, Goiania**, v. 4, n. 7, p. 380–391, 2017.

GOMES, L. J. P.; SANTOS, J. I.; GASPARINO, E. C.; CORREIA, N. M. CHEMICAL

control and morphoanatomical analysis of leaves of different populations of sourgrass. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 35, p. 1–11, 2017.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M. X.; DOS SANTOS, L. P.; NUNES, P. H.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 18, n. 11, p. 1110–1115, 2014.

ISAAA. **Commercialized biotech / GM Crops**: 2016. ISAAA. p.317, 2016. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/.../isaaa-brief-52-2016.pdf>>. Acesso em: 9/2/2016.

JOHANNIS, O.; CONTIERO, R. L. Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas com a cultura da mandioca. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 37, n. 3, p. 326–331, 2006. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/175>>. 6/2/2016.

JUAN, V. F.; SAINT-ANDRE, H.; FERNANDEZ, R. R. Competencia de lecheron (*Euphorbia dentata*) en soja. **Planta Daninha, Viçosa-MG**, v. 21, n. 2, p. 175–180, 2003.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas; Plantas dicotiledoneas por ordem alfabetica de familias: Acanthaceae a Fabaceae - TOMO I**. 2^o ed. São Paulo: Basf, 1997.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 223–253, 2010.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000300006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 6/2/2016.

KUVA, M. A.; PITELLI, R. A.; SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha, Viçosa-MG**, v. 25, n. 3, p. 501–511, 2007.

LACERDA, A. L. S. **Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistema de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao glyphosate**. 2003. 153 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba., 2003.

LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; SCHAEGLER, C. E. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja: II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 491–198, 2004.

LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R. A. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja: I resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 23, n. 3, p. 405–414, 2005.

LEITE, K. N.; COSTA, R. N. T.; ARAÚJO, H. F.; MONTEIRO, R. N. F.; LUNA, N. R. S. Produtividade da água utilizada na irrigação do cajueiro- possibilidades técnicas e econômicas . p.84–87, 2013.

LICORINI, L. .; GANDOLFO, M. .; SORACE, M. A.; OSIPE, R.; COSSA, C. A.; OSIPE, J. B. Identificação e controle de biótipos resistentes de *Digitaria insularis* (L.) Fedde ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 141–147, 2015.

LORENZI, H. M. **Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4^o ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2008.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; FILHO, O. A. L.; JAUER, A.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup ReadyTM. **Ceres, Viçosa**, v. 58, n. 3, p. 305–313, 2011.

MACHADO, A. B.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; PATEL, F.; CIESLIK, L. F.; DEBASTIANI, F. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 1, p. 41–48, 2015.

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, n. 1, p. 1–8, 2008. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 23/10/2015.

MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga, Botucatu**, v. 1, n. 1, p. 192–205, 2012.

MARTINS, D.; SANTANA, D. C.; SOUZA, G. S. F.; BAGATTA, M. V. B. Manejo químico de espécies de trapoeraba com aplicação isolada e em mistura de diferentes herbicidas. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 25, n. 2, p. 21–28, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>>. .

MELO, M. S. C.; 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, n. 4, p. 296–305, 2015.

MINOZZI, G. B.; MONQUERO, P. A.; PEREIRA, P. A. Eficácia de diferentes manejos das plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife**, v. 9, n. 3, p. 406–412, 2014.

MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas situação e perspectivas. **Bragantia, Campinas**, v. 64, n. 4, p. 517–531, 2005.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 1, p. 43–50, 2007.

OLIVEIRA NETO, A. M.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; et al. Sistemas de dessecação de manejo com atividade residual no solo para áreas de pousio de inverno infestadas com buva. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 120–128, 2013.

PEIXOTO, J. C.; FEIJÓ, A. P.; SANTANA, A. B. Benefícios da soja no controle da obesidade. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 12, n. 12, p. 47–67, 2011.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenge**. Dordrecht: Springer, 2009.

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbono de plantas cultivadas e o aumento de CO₂ e de O₃ atmosférico: situação e previsões. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 1–12, 2011.

PITELLI, R. A. O TERMO PLANTA-DANINHA. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 622–623, 2015.

PITTELKOW, F. K.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; DE OLIVEIRA, A. A.; DE OLIVEIRA GIL, J.; DE ASSIS, F. C.; BORCHARTT, L. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 2, n. 3, p. 38–48, 2009.

PRADO, L. D. A.; MAZIARA, F.; FERREIRA, M. E. Frontier agricultural expansion and land use changes in region south of Goiás: anthropic action and natural features of the space. **Boletim goiano de geografia, Goiânia**, v. 32, n. 1, p. 151–165, 2012.

REIS, R. M.; ALMEIDA, W. L.; REIS, M. R.; RONCHI, C. P.; SILVA, D. V. Desempenho fotossintético e micorrização em plantas de soja Roundup Ready tratadas com diferentes formulações de glyphosate. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 30, n. 4, p. 1033–1040, 2014.

RIBEIRO, I. G.; MARIN, V. A. A falta de informação sobre os Organismos Geneticamente Modificados no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 2, p. 359–368, 2012.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para controle de picão-preto em soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 21, n. 2, p. 273–282, 2003.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para controle de picão-preto em soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 21, n. 2, p. 273–282, 2003.

RODRIGUES, G. C.; CARVALHO, S.; PAREDES, P.; SILVA, F. G.; PEREIRA, L. S. Relating energy performance and water productivity of sprinkler irrigated maize , wheat and sunflower under limited water availability. **biosystems engineering**, v. 6,

n. 2, p. 195–204, 2010.

ROSSETTO, E. R. O.; SANTIN, C. O.; BASSO, F. J. M.; BAGNARA, M. A. M.; GALON, L. **Interferência e nível de dano econômico de papuã em soja em função de cultivares e populações da planta daninha.** 2017.

SALGADO, T. P.; SALLES, M. S.; MARTINS, J. V. F.; ALVES, P. L. C. A. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 3, p. 443–448, 2007.

SANGOI, L.; PICOLI JUNIOR, G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SCHMITT, A.; ZOLDAN, S. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 35, n. 2, p. 671–682, 2014.

SANTOS, H. G. DOS; ACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. **EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3^o ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Embrapa Solos, 2018.

SARAIVA, A. S.; ERASMO, E. A. L.; MATA, J. F.; DORNELAS, B. F.; DORNELAS, D. F.; SILVA, J. Densidade e Época de Semeadura de Duas Espécies de *Brachiaria* sobre a Cultura da Soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 31, n. 3, p. 569–576, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582013000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 23/9/2018.

SBATELLA, G. M.; KNISS, A. R.; OMONDI, E. C.; WILSON, R. G. Volunteer Corn (*Zea mays*) Interference in Dry Edible Bean (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Technology**, v. 30, n. 4, p. 937–942, 2016. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-16-00037.1>>. Acesso em: 3/4/2018.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; et al. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 27, n. 1, p. 75–84, 2009. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000100011&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 3/4/2018.

SILVA, A. F.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; F. A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.;

SILVA, A. A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 26, n. 1, p. 65–71, 2008.

SILVA, C. **Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino**. 2014. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2014.

SILVA, D. R. . O.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; LANGARO, A. C.; DUARTE, T. V. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a Glyphosate.. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 32, n. 3, p. 579–589, 2014.

SILVA, R. R.; REIS, M. R.; MENDES, K. F.; AQUINO, L. Â. D.; PACHECO, D. D.; RONCHI, C. P. Interference periods of weeds in sunflower crop. **Bragantia, Campinas**, v. 72, n. 3, p. 255–261, 2013.

SOUZA, L. S.; CORREA, T. M.; MAURI, F. D.; LOSASSO, P. H. L. Eficácia do glifosato potássico em mistura com butafenacil no controle de trapoeraba na cultura do café. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 1, p. 112, 2005. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/15>>. Acesso em: 1/8/2018.

TOLK, J. A.; HOWELL, T. A. Sunflower water productivity in four Great Plains soils. **Field Crops Research**, v. 127, p. 120–128, 2012. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.012>>. Acesso em: 13/2/2019.

TREZZI, M. M.; BALBINOT JR., A. A.; BENIN, G.; DEBASTIANI, F.; PATEL, F.; MIOTTO JR, E. Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta Daninha, Viçosa**, v. 31, n. 3, p. 543–550, 2013.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; PATEL, F.; MIOTTO JR, E.; DEBASTIANI, F.; BALBINOT JR, A. A.; MOSQUEN, R. Impact of *Conyza bonariensis* density and establishment period on soyabean grain yield, yield components and economic threshold. **European Weed Research Society**, v. 55, n. 1, p. 34–41, 2014.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; XAVIER, E.; ROSIN, D. J.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; PRATES, M. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de buva (*Conyza* spp.) das

regiões Oeste e Sudoeste do Paraná. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 29, n. Número Especial, p. 1113–1120, 2011.

USDA. **World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0719.pdf>>. Acesso em: 9/1/2019.

VALE, N. K. A. **Trajatória da produtividade da soja em função da variabilidade das chuvas no estado de Goiás**. 2017. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 2012.

VAZIN, F. The effects of pigweed redroot (*Amaranthus retroflexus*) weed competition and its economic thresholds in corn (*Zea mays*). **Planta Daninha, Viçosa**, v. 30, n. 3, p. 477–485, 2012.

VIDAL, R. A.; KALSING, A.; GHEREKHLOO, J. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 40, n. 8, p. 1675–1681, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000800001&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 23/4/2018.

VIDAL, R. A.; SPADER, V.; FLECK, N. G.; MEROTTO JR., A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 22, n. 1, p. 63–69, 2004.

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. A. M.; ADEGAS, F. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 20, n. 1, p. 17–24, 2002.

ZWART, S. J.; BASTIAANSEN, W. G. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. **Agricultural Water Management**, v. 69, n. 2, p. 115–133, 2004.

4. CAPÍTULO 3 - NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis* SUSCETÍVEL E RESISTENTE AO GLYPHOSATE NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA

4.1. RESUMO

O milho destaca-se devido a sua importância econômica, entretanto, a competição com as plantas daninhas especialmente a *Digitaria insularis*, pode afetar a cultura por limitar os recursos como: água e nutrientes e por fim comprometer a produtividade. A seleção dos biótipos de *D. insularis* resistente estão alterando o período de crescimento e desenvolvimento destas plantas, e com isso o nível de dano econômico imposto sobre a cultura do milho safrinha pode ser alterado. O objetivo deste trabalho foi determinar o nível de dano econômico de biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate na cultura do milho. O estudo foi conduzido a campo no sistema semeadura direta nas safrinhas em 2017 (E1) e 2018 (E2). Em ambos experimentos foi utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelos biótipos de *D. insularis* (resistente e suscetível) e o segundo fator foi constituído pelas densidades de 0; 7; 14; 28 e 56 plantas m⁻² dos biótipos de *D. insularis* em competição com as plantas de milho. O híbrido de milho CD 384 PW (HS precoce) e DKB 330 PRO (HS super precoce) foi semeado nos dias 03/03/17 e 19/03/18, respectivamente. Nos dois experimentos as unidades experimentais foram constituídas por uma área total de 10,08 m² e a área útil foi equivalente à 4,68 m² por parcela. As avaliações biométricas foram realizadas durante a maturação fisiológica dos grãos (R₆).

Verificou-se que houve interação entre os fatores ano e densidades dos biótipos para todas os parâmetros avaliados, com exceção dos teores de N e K foliar. Também foi verificada interação entre ano e biótipo apenas nas variáveis produtividade e eficiência agrônômica do uso da água. As perdas no acúmulo de N nas plantas de milho nos dois anos, devido a competição de uma planta de *D. insularis* m⁻² foram próximas com valores de 0,15 g kg⁻¹ e 0,20 g kg⁻¹ para as safrinhas de 2017 e 2018, respectivamente. O aumento das perdas foi mais intenso à medida em que se elevou as densidades de *D. insularis*. Na safrinha de 2017 foi

verificada produção máxima de 12384,83 kg ha⁻¹ e em 2018 11141,86 kg ha⁻¹, diferença de 10% entre os anos. Entretanto, com a competição com 56 plantas m⁻² de *D. insularis* a diferença média sobe para 28,1% entre os dois anos. As maiores perdas na eficiência agrônômica do milho em 2017 foram proporcionadas pelo biótipo resistente com média de 2,7% entre densidade de 7 a 56 plantas m⁻² de *D. insularis*. Ao considerar o resultado observado no experimento do milho para o ano de 2017, em que a produção foi de 12744,92 kg ha⁻¹ e os dados econômicos de preço médio do milho de US\$ 9,00 o saco 60 kg e do custo de controle de US\$ 45,00 ha⁻¹, foi estimado o NDE de aproximadamente 17,4 plantas m⁻² do biótipo resistente e 22,9 plantas m⁻² do biótipo suscetível. Da mesma forma, para o ano de 2018 em que a produção do milho foi de 11566,88 kg ha⁻¹ e considerando os mesmos valores econômicos da simulação anterior de preços médio de milho e de controle, estimou-se o NDE de 13,7 e 11,6 plantas m⁻² do biótipo resistente e suscetível, respectivamente. Com base nos resultados deste trabalho pode-se concluir que os níveis de dano econômicos foram diferentes para os biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. E que as diferenças podem ter ocorrido principalmente em virtude das condições ambientais verificadas entre os anos avaliados. Portanto, considerando os valores médios dos grãos e do custo de controle para os anos 2017 e 2018, foi possível determinar o NDE de 17,4 e 13,7 plantas m⁻² para o biótipo resistente e NDE de 22,9 e 11,6 plantas m⁻² para o biótipo suscetível, respectivamente.

Palavras-chave: Avaliações biométricas. Eficiência agrônômica. Híbridos

4.2. ABSTRACT

ECONOMIC THRESHOLD OF GLYPHOSATE RESISTANT AND SUSCEPTIBLE *D. insularis* BIOTYPES IN THE CROP SAFRINHA CORN

Corn stands out because of its economic importance, however, competition with weeds especially the *Digitaria insularis*, which can affect the crop in the demand for water and nutrients and ultimately compromise productivity. The hypothesis of this work is based on the fact that, if the selection of resistant *D. insularis* biotypes is altering the period of growth and development of these plants, it can also alter the level of economic damage imposed on corn safrinha. The objective of this work was to determine the level of economic threshold of susceptible and glyphosate resistant *D. insularis* biotypes in corn. The study was conducted in the experimental area located at the following coordinates: 24 ° 55'65.9 " S latitude, 54 ° 04'32 " W longitude, in the safrinha in 2017 (E1) and 2018 (E2), using the randomized blocks experimental design, in the 2x5 factorial scheme, with four replications. The first factor was composed of *D. insularis* (resistant and susceptible) biotypes and the second factor was composed of densities of 0; 7; 14; 28 and 56 m⁻² plants of *D. insularis* biotypes in competition with maize plants. The hybrid corn CD 384 PW and DKB 330 PRO, was sowed on 03/03/17 and 03/19/18, respectively. Both sowings occurred in no-till system, with spacing of 0.70 m and density of five plants per linear meter. In the two experiments, the experimental units consisted of a total area of 10.08 m². The biometric evaluations occurred in the vegetative development (V₆), the vomiting (Vt), the milky grain (R2) and the last one during the physiological maturation of the grains (R6). To determine maize productivity, the spikes were harvested manually from an area equivalent to 4.68 m² per plots. It was verified that there was interaction between the year factors and densities of the biotypes for all evaluated parameters, except for the contents of N and K foliar. It was also verified interaction between year and biotype only in the variables productivity and agronomic efficiency of water use. The losses in N accumulation in corn plants in two years due to competition from a *D. insularis* m⁻² plant were close with values of 0.15 g kg⁻¹ and 0.20 g kg⁻¹ for safflowers 2017 and 2018, respectively. The increase in losses was more intense as the densities of *D. insularis* increased. At the safrinha of 2017 a

maximum production of 12384.83 kg ha⁻¹ and in was verified 2018 11141.86 kg ha⁻¹, a difference of 10% between the years. However, with the competition with 56 plants m⁻² of *D. insularis* the average difference rises to 28.1% between the two years. The highest losses in agronomic efficiency of maize in 2017 were provided by the resistant biotype with a mean of 2.7% between 7 and 56 plants m⁻² of *D. insularis*. Considering the result observed in the corn experiment for 2017, in which the production was 12744.92 kg ha⁻¹ and the economic data of average corn price of US \$ 9.00 per 60 kg bag and the cost For a control of US \$ 45.00 ha⁻¹, the NDE of approximately 17.4 m⁻² plants of the resistant biotype and 22.9 plants m⁻² of the susceptible biotype was estimated. Similarly, for the year 2018 in which maize production was 11566.88 kg ha⁻¹ and considering the same economic values as in the previous simulation of average corn and control prices, was estimated the NDE of 13 and 11.6 plants m⁻² of resistant and susceptible biotype, respectively. Based on the results of this work it can be concluded that the economic damage levels were different for the glyphosate resistant and susceptible *Digitaria insularis* biotypes. And that the differences may have occurred mainly due to the environmental conditions verified between the evaluated years. Therefore, considering the average values of grains and control cost for 2017 and 2018, it was possible to determine the NDE of 17.4 and 13.7 plants m⁻² for the resistant biotype and NDE of 22.9 and 11, 6 plants m⁻² for the susceptible biotype, respectively.

Key words: Biometric assessments. Agronomic efficiency. Hybrid.

4.3. INTRODUÇÃO

O milho está entre os três cereais mais produzidos no mundo, com estimativa de produção mundial em torno de 1,1 bilhão de toneladas na safra 2018/19 e, devido a sua grande importância econômica e social a demanda aumenta ano a ano, com destaque para Estados Unidos, China e Brasil como os principais países produtores do grão (CONAB, 2019; USDA, 2018). No Brasil o cultivo do milho safrinha, durante a safra 2017/18 ocupou mais de 10 milhões de hectares, sendo que em 91,8% destas áreas foram adotadas sementes transgênicas (CIB, 2018). Estima-se que a produção brasileira de milho safrinha 2018/19 ultrapasse 61,8 milhões de toneladas de grãos, e o Estado do Paraná será o segundo maior produtor no Brasil (SEAB, 2019; IBGE, 2019).

A produtividade da cultura do milho safrinha depende da competição com plantas daninhas (CARVALHO; BIANCO; BIANCO, 2014; GALON et al., 2018), que causam prejuízos na produtividade do milho porque competem pelos fatores de crescimento como nutrientes, luz, água e espaço, além de hospedar insetos, pragas, doenças, (CHIKOYE; EKELEME; LUM, 2014; LIU et al., 2014; BONFIM-SILVA et al., 2011; WALSH; MAESTRO, 2014).

Com a evolução da agricultura, surgiram os híbridos de milho com a tecnologia de resistência aos herbicidas (RR) com o objetivo de facilitar o manejo das plantas daninhas pós-emergentes, por ser uma tecnologia que torna a cultura tolerante ao herbicida glyphosate. Contudo, o uso indiscriminado do glyphosate teve consequências negativas, tais como, a seleção e alteração do ciclo biológico de biótipos de plantas daninhas resistentes (BARROSO et al, 2015; CARVALHO et al., 2011; CORREIA; ACRA; BALIEIRO, 2015; GAZOLA et al., 2016).

Segundo Carvalho et al., (2007) e Gantoli; Ayala; Gerhards, (2013a) o controle inadequado das plantas daninhas nas áreas de cultivo tem proporcionado baixo rendimento da cultura do milho, em virtude da competição, com perdas que variam de 13 a 85%. No entanto, estas perdas dependem da espécie, número de plantas por área, período de competição e estágio de desenvolvimento da cultura e das plantas daninhas (GALVAO et al., 2014).

Entre as plantas daninhas mais problemáticas na cultura do milho safrinha, está a *Digitaria insularis*, que ocorre na maioria dos ambientes favoráveis à

agricultura (ZOBIOLE et al., 2016), tem metabolismo fotossintético do tipo C₄ com crescimento inicial lento mesmo no verão (MONDO et al., 2010). Porém, se as plantas de *D. insularis* não forem controladas ainda pequenas, podem se tornar dominantes e ser difícil de controlada (MACHADO et al., 2006), fato que tem aumentado importância devido a resistência ao controle químico, especialmente com o herbicida glyphosate.

Devido aos relatos de que resistência ao glyphosate estaria alterando a biologia das plantas daninhas, Ferreira et al. (2018), estudaram diferentes populações de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate e verificaram alterações entre os biótipos. De acordo com os autores, estão sendo selecionados biótipos resistentes que apresentaram ciclo mais longo durante verão e durante o inverno estes biótipos conseguem crescer e se desenvolver. Contudo, a seleção depende do ambiente e do manejo imposto sobre a população (LÓPEZ OVEJERO et al., 2007; YAMASHITA; GUIMARAES, 2013).

Apesar da importância da *D. insularis* nas áreas agrícolas, as informações sobre o potencial de danos na cultura do milho safrinha são escassas. Contudo, Gazziero et al., (2012) estudaram diferentes densidades de *D. Insularis* na cultura da soja e relataram que oito plantas m⁻² causam perdas de 25 sacos de soja ha⁻¹, enquanto Carvalho et al., (2013) verificaram redução de 1,7% no crescimento das plantas de café com o aumento da densidade de *D. Insularis*.

Como a *D. insularis*, já ocorre em todas as áreas agrícolas cultivadas do Brasil causando prejuízo, tem sido um grande desafio para os agricultores manejar esta planta daninha (GEMELLI et al., 2013), principalmente de maneira econômica. Portanto, o conhecimento sobre a biologia, fisiologia, níveis de resistência, custo de controle e capacidade competitiva da *D. insularis* pode ser utilizado para definir estratégias de controle.

Para diminuir os problemas oriundos do uso indiscriminado de herbicidas e perdas de ordem financeira na tentativa do controle das plantas daninhas, passou-se a adotar o Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), neste manejo uma ferramenta é o Nível de dano econômico (NDE), que engloba fatores biológicos e econômicos, cujo valor representa a quantidade de plantas daninhas que causa dano equivalente ao custo do seu controle (KALSING; VIDAL, 2010).

Na prática, as informações do NDE consistem na análise de custo e benefício que permite aos técnicos e produtores tomar decisões para o controle das plantas daninhas de maneira mais lucrativa (VAN DER MEULEN; CHAUHAN, 2016).

Para gerar as informações do NDE são utilizados os dados agronômicos e econômicos que consideram as variações do custo de controle e o valor de venda da cultura (GALON et al., 2007; MACHADO et al., 2015; VIDAL; KALSING; GHEREKHLOO, 2010). Deste modo, a avaliação do NDE deve ser realizada frequentemente, pois deve considerar as oscilações nos preços que ocorrem dos produtos agrícolas.

Diante do exposto, a hipótese deste trabalho baseia-se no fato de que, se a seleção dos biótipos de *D. insularis* resistente estão alterando o período de crescimento e desenvolvimento, pode alterar também o nível de dano econômico imposto sobre a cultura do milho safrinha.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o nível de dano econômico de biótipos de *Digitaria insularis* suscetível e resistente ao glyphosate na cultura do milho.

4.4. REVISÃO

4.4.1. A Cultura do Milho

O milho tem grande importância social e econômica, com destaque na indústria de alimentação humana e animal (ŽALUD et al., 2017). Socialmente o milho caracteriza-se por ser um alimento de baixo custo que pode ser produzido em pequena ou grande escala e, economicamente representa uma das mais importantes atividades agrícola do Brasil (KÖPP et al., 2015; XAVIER et al., 2014).

Dos grãos produzidos no Brasil, o milho ocupa o segundo lugar, sua produção está distribuída por todo o país com destaque para o Centro Oeste, Sul e Sudeste, sendo cultivado em pequenas, médias e grandes áreas (CAIRES; MILLA, 2016). Para evitar competição com as plantas daninhas nas áreas de produção foi adotado o manejo químico, principalmente com glyphosate (FRANCISCO et al., 2017).

O manejo químico das plantas daninhas na cultura do milho em pós-emergência, passou a ser o principal manejo adotado em áreas que utilizam o milho geneticamente modificado tolerante ao glyphosate. O milho tolerante ao glyphosate, contém uma forma da enzima EPSPs (*cp4-epsps*) isolada a partir da linhagem CP4 da bactéria *Agrobacterium* sp., que metaboliza o herbicida em componentes menos tóxicos (MONQUERO, 2005).

O Brasil está na segunda colocação entre os países que mais usam sementes transgênicas, com uma área ocupada em torno dos 50,2 milhões de hectares, sendo 31% desta área com milho verão e milho safrinha que ocupam uma 15,6 milhões de ha (ISAAA, 2016). De toda área cultivada com milho safrinha 91,8% destas áreas foram adotadas sementes transgênicas (CIB, 2018).

A adoção da transgenia na década de 90 em Iowa EUA com milho tolerante ao *sethoxydin* reduziu os custos de produção mais também trouxe problemas para agricultura, pois o uso da tecnologia não estava mais controlando satisfatoriamente as plantas daninhas *Panicum miliaceum* e *Agropyron repens*, e também estava selecionando plantas voluntárias de milho tolerante que causariam problemas no cultivo da soja cultivada em sucessão, sendo necessário utilizar herbicidas com mecanismo de ação diferente do *sethoxydin* (OWEN, 1997).

No caso do milho resistente ao glyphosate não foi diferente, a introdução do milho com esta tecnologia, elevou o uso de glyphosate de duas ou três aplicações (PETTER et al., 2015), passando para cinco ou seis pulverizações principalmente nos locais onde são semeados o milho safrinha em sucessão aos cultivos de verão (FERREIRA et al., 2018). Com isso, a pressão sobre as plantas aumentou ainda mais, e intensificou o problema com plantas daninhas resistentes ao glyphosate.

Plantas daninhas resistentes aos herbicidas como por exemplo, a *Conyza* spp. (Buva), *Euphorbia heterophylla* (Leiteira), *Lolium multiflorum* (Azevém) e *Digitaria insularis* (Capim-amargoso) entre outras, além de serem muito agressivas apresentam rápida emergência e estabelecimento de plântulas, boa tolerância a baixos níveis de recursos do meio, facilidade de aclimação as mudanças do ambiente e elevado potencial de dano que causa sérios prejuízos econômicos em muitos países (BALBINOT Jr.; FLECK, 2005; ADKINS; SHABBIR, 2014; TURSUN et al., 2016).

Os prejuízos são observados principalmente na produtividade e dependendo do tempo e da intensidade de convivência os efeitos podem ser irreversíveis, e mesmo após a retirada do estresse causado pela presença das plantas daninhas pode não haver recuperação da produtividade (BRACHTVOGEL et al., 2012; DOS SANTOS et al., 2018; GANTOLI; AYALA; GERHARDS, 2013).

Considerando os efeitos prejudiciais no desenvolvimento e na produção da cultura do milho ocasionados pelas plantas daninhas, principalmente a *D. insularis*, torna-se importante adotar manejos que minimizem esses tipos de danos e que não reduza a viabilidade da prática adotada.

4.4.2. Plantas Daninhas

São chamadas de plantas daninhas as plantas que crescem espontaneamente em áreas cultivadas, principalmente as que apresentam potencial de competição com as culturas. Algumas espécies são nativas das áreas, porém existem várias consideradas exóticas que foram se especializando na colonização do agroecossistema local (CARVALHO, 2013).

Segundo Canto-Dorow e Schottl (2011) não se pode dizer que as plantas não cultivadas sejam daninhas, pois, em determinadas situações, podem ser úteis.

Já Pitelli (2015), designou as plantas daninhas como quaisquer plantas superiores que interferem nos interesses do homem e no meio ambiente, causando prejuízo.

As plantas daninhas têm como vantagem sobre as culturas, o florescimento precoce e desuniforme, adaptações à insolação, sistemas de reconhecimento das condições de cobertura de solo, elevada eficácia de reprodução e disseminação de propágulos e sementes em curta e longa distância, capacidade de sobrevivência por longos períodos de condições adversas (ARAÚJO et al., 2018; DINIZ et al., 2017; VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

Em áreas agrícolas, a importância das plantas daninhas ocorre devido a persistência, dificuldade de controle, eficiências na competição por água, luz e nutrientes, hospedar pragas e doenças, além de dificultar as operações agrícolas como tratamentos culturais e colheita (CARDOSO et al., 2010; CURY et al., 2013); MARTINS et al., 2012). Características que são verificadas na *D. insularis*.

Os danos causados pela competição das plantas daninhas nas culturas podem variar dependendo da espécie nas lavouras, com interferência no crescimento, desenvolvimento e perdas na produção das culturas que variam de 13 a 87% (AGOSTINETTO et al., 2009; BORCHARTT et al., 2011; CHRISTOFFOLETI et al., 2015; GALON et al., 2011; KHATOUNIAN et al., 2016).

Outro problema observado nas plantas daninhas está relacionado a dificuldade de controle, e podem ter relação com o tempo em que as áreas ficam em pousio e quando os produtores começam manejar a área estas plantas daninhas já estão grandes e perenizadas e desse modo a eficiência do controle diminui.

4.4.3. *Digitaria insularis* (L.) Fedde

O gênero *Digitaria* abrange aproximadamente 300 espécies de plantas distribuídas em várias regiões do mundo, (CANTO-DOROW; LONGHI-WAGNER, 2001). Entre os países americanos o Brasil apresenta a maior diversidade de espécies desse gênero, sendo constatada a presença de 26 espécies nativas e de 12 exóticas entre elas a *Digitaria insularis* (MONDO et al., 2010).

Trata-se de uma planta perene com propagação via sementes, que são revestidas de muitos pêlos, que ajuda na dispersão pelo vento a longas distâncias, apresenta níveis de dormência e germinação variável durante o ano e, uma vez

estabelecida e com a formação de rizomas, aumenta muito a dificuldade de controle (GEMELLI et al., 2012). As folhas exibem bainha longa e pilosa com lígula membranácea, as lâminas foliares são acuminadas e lineares, as hastes compridas sustentam panículas grandes que tem espiguetas lanceoladas ou ovaladas com pêlos sedosos (CARVALHO et al., 2011).

Em virtude das características apresentadas pela *D. insularis* com produção de aproximadamente 40 de sementes por plantas (FERREIRA et al., 2018), a infestação aumentou bastante nas áreas agrícolas onde não cultivadas culturas para cobertura do solo na entressafra, tornando-se uma das principais plantas daninhas no Brasil em áreas de produção de grãos (CORREIA; LEITE; GARCIA, 2010).

Diversos estudos já foram realizados *D. Insularis*. No que se refere a resistência (FR₅₀) foram observadas biótipos resistentes com FR entre 2,7 a 17 (LICORINI et al., 2015; REINERT et al., 2013), diferenças na anatomia foliar com variação no número de estômatos e tricomas por mm² de folha que foram menor no biótipo suscetível (BARROSO et al., 2015), maior acúmulo de ácido chiquímico (3,3, 5, 5,7 vezes) no biótipo suscetível (CARVALHO et al., 2011) e alterações de aminoácidos nas posições 182 e 310 nos biótipos resistentes (CARVALHO et al., 2012).

Apesar da grande áreas semeadas com milho no Brasil, são restritos relatos sobre a interferência da *D. Insularis*, sendo necessários estudos, com finalidade de quantificar os danos proporcionados pela *D. Insularis*, sobretudo de ordem econômica.

4.4.4. Interferência das Plantas Daninhas

Quando as plantas daninhas crescem e se desenvolvem junto às culturas agrícolas, comumente proporcionam prejuízos que podem ser observados, desde o desenvolvimento até o período de colheita da cultura, estes danos estão relacionados à interferência das plantas daninhas (SILVA et al., 2014).

Entre os fatores que proporcionam maior interferência das plantas daninhas à cultura, está a espécie de planta daninha e a densidade (BRACHTVOGEL et al., 2012; CUNHA et al., 2014). Além do mais, a interferência poder ser intensificada pelas condições edafoclimáticas e os manejos adotados, pois, as plantas menos

eficientes têm o crescimento reduzido e as espécies mais agressivas passam a ser dominantes (SCHOLTEN; PARREIRA; ALVES, 2011). Com isto, pode ocorrer modificação da arquitetura, do crescimento e da absorção de nutrientes das culturas, e tais modificações reduzem a produção de grãos (SANGOI et al., 2014).

No Brasil, as áreas de produção de milho estão infestadas por plantas daninhas. Em algumas situações já são observadas plantas daninhas difíceis de serem controladas, tais como: *Cenchrus echinatus* (Timbete), *Chloris polydactyla* (Capim-branco), *Digitaria* spp. (Capim colchão), *Echinochloa* spp. (Capim-arroz), *Eleusine indica* (Capim pé-de-galinha), e *Commelina benghalensis* (Trapoeiraba), e outras já são resistentes aos herbicidas, como a, *Conyza* spp. (Buva), *Euphorbia heterophylla* (leiteira), *Lolium multiflorum* (Azevém) e a *Digitaria insularis* (Capim-amargoso) (BARROSO et al., 2015; CORRÊA et al., 2011; GUGLIERI-CAPORAL et al., 2011; LAMEGO; VIDAL, 2008; LOPEZ-OVEJERO et al., 2016; TREZZI et al., 2011; VARGAS et al., 2005; VARGAS et al., 2007; VARGAS et al., 2013; WINKLER; VIDAL; NETO, 2003).

Após diversos relatos do aumento das plantas daninhas nas culturas durante o ciclo de cultivo e também na dificuldade, foram realizados vários estudos com o objetivo de quantificar a interferência destas plantas daninhas nas culturas. Os estudos foram realizados nas principais culturas agrícolas, em competição com uma ou mais população de plantas daninhas, sendo observadas perdas que variaram de 10 a 100% dependendo também da cultura (BASTIANI et al., 2016; BORCHARTT et al., 2011; CARDOSO et al., 2010; (FRANCO et al., 2017; GALON et al., 2015; GHANIZADEH; LORZADEH; ARYANNIA, 2014; JOHANNIS; CONTIERO, 2006; RIGOLI et al., 2008; SALGADO et al., 2007; SARAIVA et al., 2013; SBATELLA et al., 2016; SCHOLTEN; PARREIRA; ALVES, 2011; SILVA et al., 2014; VIDAL; KALSING; GHEREKHLOO, 2010).

Em pesquisa sobre a interferência de duas densidades de *Sorghum arundinaceum* no milho transgênico, foi observado que o aumento da densidade resultou na diminuição da massa seca da parte aérea acumuladas pelo milho em cerca de 40% (FARIA; BARROS; TUFFI SANTOS, 2014).

Em outro estudo, Melo et al. (2015) verificaram que a interferência de *Urochloa brizantha*, causaram reduções superiores a 50% no conteúdo de todos os macronutrientes na cultura o milho. No trabalho de (CURY et al., 2012), ficou

evidenciado que a *Commelina benghalensis* mostrou-se capaz de reduzir em média 54% o conteúdo de N nas folhas do milho.

Também foi avaliada a competição da Tiririca roxa (*Cyperus rotundus*) em diversas densidades na cultura do milho, e com base nos resultados, apenas 10 plantas m⁻² da tiririca proporcionou redução de 10%, no tamanho da espiga e no rendimento o que representou 960 kg ha⁻¹ a menos na produção (SILVA et al., 2015). Nas pesquisas realizadas por Gantoli, Ayala e Gerhards (2013), a competição das plantas daninhas no milho durante dois anos, resultaram em perdas de rendimento que variaram de 38 a 65% em comparação com as parcelas livres de plantas daninhas. Para os autores, a variação ocorreu devido o aumento da duração da infestação de plantas daninhas.

Kozlowski (2002) determinou que o período crítico de prevenção a interferência no milho ocorreu entre os estádios fenológicos V₂ e V₇, com redução média de 87%, no rendimento dos grãos da cultura em relação à testemunha sem competição. Também foi observado que o *Amaranthus retroflexus* além de causar interferência em todos os componentes de produção, altera a biologia do milho (VAZIN, 2012).

O conhecimento da capacidade de interferência de plantas daninhas sobre as culturas permite definir a estratégias de controle de plantas daninhas com base no nível de dano econômico (NDE), ou seja, a densidade destas cuja interferência sobre a cultura superará o custo do controle (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Deste modo, o NDE tornou-se uma ferramenta que permite ao produtor aplicar herbicidas em pós-emergência para controle de plantas daninhas somente quando for lucrativa a decisão (VIDAL; KALSING; GHEREKHLOO, 2010).

Para calcular o NDE são utilizados dados agronômicos e econômicos que consideram a produção da cultura e as variações do custo de controle e o preço de venda da cultura (CATHCART; SWANTON, 2003; GALON et al., 2007; PORTUGAL; VIDAL, 2009; RIZZARDI; FLECK; AGOSTINETTO, 2003).

Na cultura do milho, Vidal et al. (2004) determinaram o NDE de *Brachiaria plantaginea* no período crítico de prevenção a interferência (20 DAE), com preço de venda R\$ 100 a 300 t⁻¹ e o custo de controle entre R\$ 20 a 60 ha⁻¹ e concluíram que nessas condições o controle era economicamente viável entre as densidade de 0,2 e 2 plantas m⁻². Fischer et al. (2004), estudaram a interferência da *Chenopodium*

album sobre a cultura do milho, com valores de US\$ 24,70 ha⁻¹ o custo de controle e US\$ 0,0881 kg⁻¹ o preço de venda do milho e encontraram NDE que variaram entre 0,3 a 4,2 plantas m⁻².

Na cultura da soja, foram utilizados os valores do preços médios recebidos de 17,00 a 20,00 dólares 100 kg⁻¹ de grãos e custo de controle entre 20,00 e 40,00 dólares ha⁻¹, sendo determinado o que NDE com plantas de *Sida rhombifolia* variaram de 2 a 50 plantas m⁻² (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002). Para a soja em competição com *Conyza bonariensis*, numa situação onde o preço de venda da soja podia variar de R\$ 40 a 80 saco⁻¹ e custo de controle variando entre R\$ 50 e 150 ha⁻¹, foi tolerado de 0,04 a 6,01 plantas m⁻², para ser economicamente viável (AGOSTINETTO; SILVA; VARGAS, 2017).

Para a cultura do feijoeiro cultivar BRS Esplendor e IPR Tuiuiú em competição com *Bidens pilosa* em que o preço do produto estava entre US\$ 15,90 e 62,20 por saco de 60 kg e custo controle oscilando entre US\$ 68,40 e 114,00 150 ha⁻¹, foi determinado valores de NDE para cultivar BRS Esplendor entre 2,23 a 8,72 plantas m⁻² e para a cultivar IPR Tuiuiú 2,20 a 8,62 plantas m⁻² (GALON et al., 2016).

Agostinetto et al. (2010) determinaram o NDE da *Echinochloa* sp. na cultura do arroz, com preços estimados de US\$ 5,70 a 19,58 pago por saca de 50 kg e o custo de controle médio de US\$ 58,00 ha⁻¹, sendo os custos máximo e mínimo alterados em 25% em relação ao custo médio, deste modo, foram observados valores de NDE com variação de 0,34 e 2,0 plantas m⁻².

Apesar de existir informações a respeito das interferências das plantas daninhas na cultura do milho, não são encontrados estudos que apresentem o NDE da *D. insularis* na cultura do milho.

Nesse sentido, tornam-se necessárias pesquisas para atender às necessidades de diferentes regiões do País e conhecer a sensibilidade da cultura do milho à competição com *D. insularis*, com o intuito de fornecer subsídios para o planejamento de programas de manejo integrado desta espécie daninha ocorrente na cultura.

4.5. MATERIAL E MÉTODOS

4.5.1. Localização e Descrição da Área Experimental

Foram conduzidos dois experimentos. Estes experimentos foram instalados durante as safrinhas de 2017 e de 2018, na área experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* Marechal Cândido Rondon – PR, nas seguintes coordenadas: 24°55'65,9" S de latitude, 54°04'32" O de longitude. De acordo com Santos et al. (2018), o solo da área foi caracterizado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa.

4.5.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado para as variáveis biométricas, teores de nitrogênio, fósforo e potássio, produtividade e eficiência agrônômica no milho foi em blocos casualizado, no esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelos biótipos de *Digitaria insularis* (resistente e suscetível) e segundo fator, pelas densidades de 0; 7; 14; 28 e 56 plantas m⁻² de *D. insularis* em competição com as plantas de milho.

4.5.3. Preparo da Área Experimental e Produção das Mudas dos Biótipos de *D. insularis* para o Experimento de Campo

Aproximadamente 30 dias antes da semeadura do milho (DASM), foi realizada uma aplicação de 3 L ha⁻¹ do herbicida glyphosate (Roundup Original 360) na área do experimento e aos 20 DASM foi realizada uma aplicação sequencial de 2 L ha⁻¹ de paraquat.

A pulverização foi realizada com auxílio de um pulverizador costal motorizado, equipado com uma barra munida de seis bicos, com pontas de jato plano (Modelo Magno ADGA 11002), espaçadas 50 cm entre si, com pressão constante de 2,5 kgf cm² e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, disposta a 50 cm de altura em relação às plantas.

A semeadura dos biótipos *D. insularis* foi realizada 30 dias após antes da semeadura do milho, em bandejas de poliestireno contendo substrato comercial “Humusfertil”. Após a semeadura, as irrigações foram realizadas diariamente, durante três vezes ao dia. Uma semana antes do transplante das mudas a irrigação foi reduzida para uma vez, com finalidade de proporcionar maior enraizamento das plantas

4.5.4. Primeiro Experimento (E1 / Safrinha 2017)

4.5.4.1. Caracterização do Híbrido CD 384 PW

O milho utilizado na safrinha de 2017 (E1), que tem resistência ao glyphosate e o glufosinato, apresenta altura de planta entre 200–230 cm, possui ciclo precoce que varia de 94 a 111 dias na safra, resiste a várias doenças e também pode ser semeada na segunda safra.

4.5.4.2. Semeadura do Milho no Primeiro Experimento

A implantação do experimento ocorreu no dia 03/03/17, no sistema semeadura direta sobre palhada, com espaçamento de 0,70 m. Para a adubação de base foi utilizado 300 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K (10-15-15). Não foi realizado a calagem do solo. O resultado da análise apresentou as seguintes características: pH = 5,38 (CaCl₂); H⁺ Al = 3,70 cmolc dm⁻³; Ca⁺² = 5,41 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 2,14 cmolc dm⁻³; K⁺ = 0,58 cmolc dm⁻³; P = 28,18 mg dm⁻³; MO = 17,77 g dm⁻³; SB = 8,13 cmolc dm⁻³; CTC = 11,35 cmolc dm⁻³ e V% = 68,72.

Foi realizada adubação nitrogenada de cobertura no estágio V5, utilizando 100 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, que foi aplicado manualmente (a lanço), sem incorporação. No mesmo período, foi aplicado 60 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses utilizadas corresponderam a recomendação para obtenção de altas produtividades de milho (FARINELLI; LEMOS, 2012; PARENTE et al., 2016).

Imediatamente após a semeadura do milho foi realizado o transplante das mudas dos biótipos de *D. insularis* que estavam no estágio V4 e 31 dias. O transplante no mesmo dia foi para evitar qualquer tipo de vantagem da cultura, já

que as plantas de *D. insularis* transplantadas precisam de uns dias para que ocorra o pegamento.

4.5.4.3. Precipitação e Temperatura do Experimento 1

Da sementeira até a maturação fisiológica do milho foram coletadas as precipitações *in-loco*, com o auxílio de um pluviômetro (FIGURA 20).

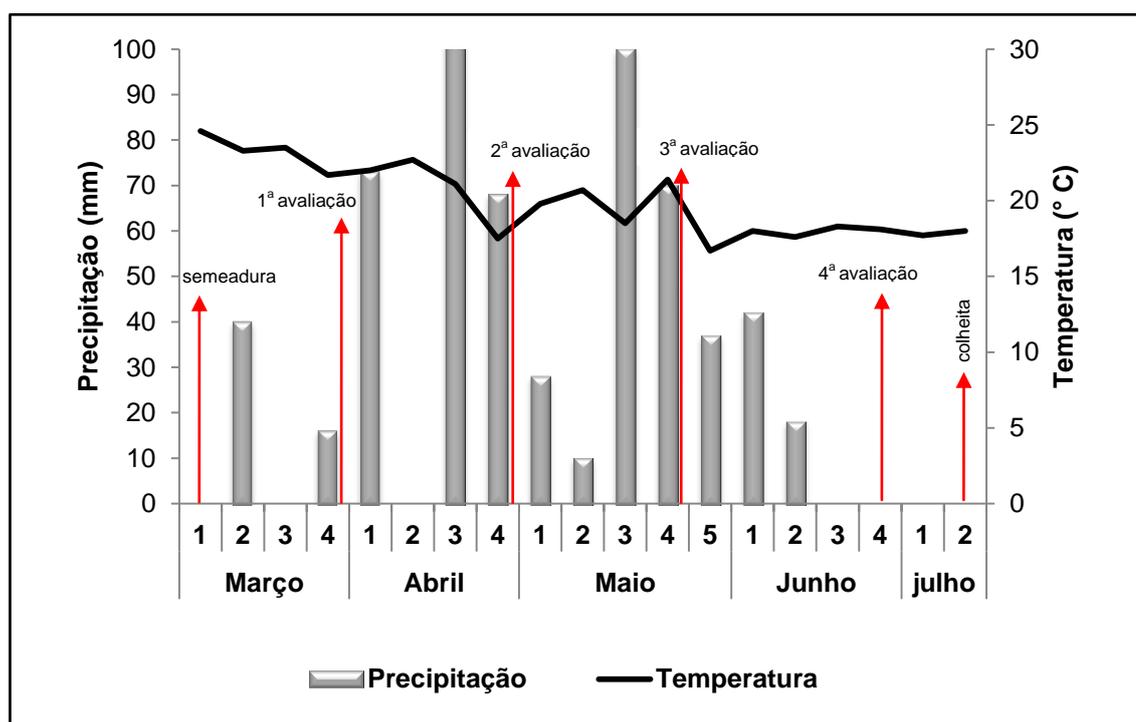


Figura 20. Dados de precipitação e temperatura semanal da área experimental, durante o período de condução do primeiro experimento (safrinha de 2017), em Marechal Cândido Rondon-Paraná.

4.5.5. Segundo Experimento (E2 / Safrinha 2018)

4.5.5.1. Caracterização do Híbrido DKB 330 Pro3

O milho safrinha DKB 330 PRO3, tem resistência ao glyphosate, apresenta altura de planta entre 210–230 cm, possui ciclo superprecoce que varia de 94 a 111 dias na safra, resiste a várias doenças e pode ser semeada na segunda safra.

4.5.5.2. Semeadura do Milho no Segundo Experimento

A semeadura do experimento ocorreu no dia 19/03/18, no sistema semeadura direta sobre palhada, com espaçamento de 0,70 m. A adubação de base foi a mesma do primeiro experimento, 300 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K (10-15-15). Também não foi realizado a calagem do solo, já que o resultado da análise que apresentou as seguintes características: pH = 4,85 (CaCl₂); H+ Al = 3,24 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 5,38 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 2,67 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,20 cmol_c dm⁻³; P = 13,16 mg dm⁻³; MO = 16,40 g dm⁻³; SB = 6,57 cmol_c dm⁻³; CTC = 11,95 cmol_c dm⁻³ e V% = 55,07.

A adubação de cobertura seguiu o mesmo padrão do primeiro ano, com 100 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e 60 kg ha⁻¹ de potássio na forma de K₂O, realizada a lanço em aplicação única.

Imediatamente após a semeadura do milho foi realizado o transplante das mudas dos biótipos de *D. insularis* que estavam no estágio V₄ e 31 dias.

4.5.5.3. Unidades Experimentais

Nos dois experimentos as unidades experimentais foram constituídas por uma área total de 10,08 m² e a área útil foi equivalente à 4,68 m² por parcela. Do transplante até o fechamento das entrelinhas do milho, foram realizadas capinas manual semanal com o auxílio de sachos, a fim, de manter a área livre de outras plantas daninhas. As populações de *D. insularis* conviveram com a cultura do milho até a colheita.

4.5.5.4. Precipitação e Temperatura do Experimento 2

Durante o período de avaliação do experimento foram coletados as precipitações *in-loco*, com o auxílio de um pluviômetro, durante o período da semeadura até a maturação fisiológica do milho (FIGURA 21).

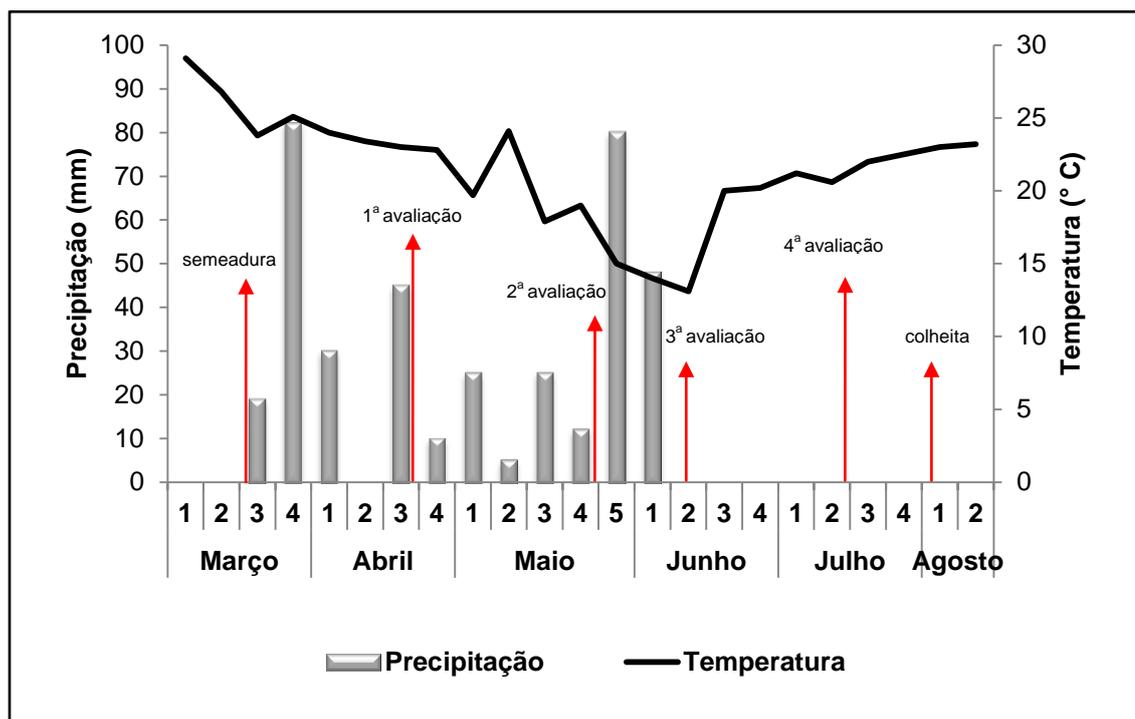


Figura 21. Dados de precipitação e temperatura semanal da área experimental, durante o período de condução do segundo experimento (safrinha de 2018), em Marechal Cândido Rondon-Paraná.

4.5.6. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade do Milho

As avaliações biométricas (destrutivas) e de N-P-K foram realizadas durante a maturação fisiológica dos grãos (R_6). Foi utilizada uma planta de milho por parcela em cada avaliação, colhida na extremidade da área da parcela. Após a coleta determinou-se:

- Altura das plantas (cm) foi medida com auxílio de uma régua graduada e quantificada em cm, considerando-se a distância vertical do solo até o ponto mais alto da planta;

- Área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) foi obtida pelo medidor de área Licor Instruments (*modelo LI 3100*), que realiza a medição da área de cada folha em cm^2 . Para

realizar a medida da área foliar, as plantas foram colhidas e levadas ao laboratório e separada em partes para retirada das folhas;

- Massa seca total de planta (g planta⁻¹) foi determinada na parte aérea da planta, em todas as amostragens. O material foi coletado e devidamente separado acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65° C por 72 horas. Após a secagem foi determinada a massa seca total das amostras em balança analítica, com resultado em g planta⁻¹;

- Teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P- K) (g kg⁻¹) foram quantificados utilizando as massas secas das folhas das plantas de soja, que foram coletadas durante as avaliações, conforme metodologia utilizada por Gott et al. (2014). Depois de coletas as folhas foram lavadas com água destilada, e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65° C por 72 horas. Após secas as folhas foram moídas em moinho tipo Willy.

A extração foi realizada a partir do método Kjeldahl (N), método colorimétrico (P) e espectrometria de absorção atômica (K), adaptado por Lana et al. (2010).

- A Produtividade do milho (kg ha⁻¹) foi determinado após a colheita manual das espigas de uma área equivalente à 4,68 m² por parcelas, e em seguida foi realizado o beneficiamento em trilhadora manual. Depois realizou-se a correção da umidade dos grãos para 13%, e em seguida estimada a produtividade.

4.5.7. Eficiência Agronômica do Milho em Função da Água

Para calcular a eficiência agronômica do milho em função da água, foi utilizado os valores da precipitação em mm (FIGURA 20 e 21) e da produtividade em kg ha⁻¹. A eficiência agronômica foi estimada pela metodologia adaptada de Pereira, Cordery e Iacovides (2009).

$$WPt = \frac{Y}{At}$$

Onde:

WPt = Eficiência agronômica do milho em função água (kg mm)

Y = Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)

At = Quantidade total de água (precipitação durante todo o ciclo) (mm)

4.5.8. Análise Estatística

Os dados da altura das plantas, área foliar, massa seca de planta, teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio, produtividade e eficiência agronômica em função da água foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para cada ano agrícola pelo teste 'F' ($P \leq 0,05$). Posteriormente, procedeu-se à análise conjunta dos dois anos agrícolas, uma vez que a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual de cada ano não foi superior a sete.

As variáveis significativas foram ajustadas a modelos de regressão, sendo as equações escolhidas com base nos modelos significativos, de elevado R² e com lógica biológica.

4.5.9. Determinação do Nível de Dano Econômico

O nível de dano econômico foi calculado conforme fórmula sugerida por Rizzardi, Fleck e Agostinetto (2003), em que:

$$NDE = \frac{CC}{(PC * R * (\frac{i}{100}) * (\frac{E}{100}))}$$

Para o cálculo do NDE, foi considerado o custo do controle (CC) (que oscilaram de US\$ 25,00 a 100,00), o preço de venda da cultura (PC) (com variação entre US\$ 6,00 a 12,00) o rendimento do milho (R), a percentual de perda de rendimento da cultura (i) e os valores para eficiência do herbicida (E) de 90% do controle.

O custo de controle foi determinado com base nas estratégias de manejo de plantas daninhas para soja por hectare, utilizados no Oeste do Paraná no período de 2017/18. Os valores de referência foram obtidos através de empresas prestadoras

de assistência técnicas e distribuidoras de produtos registrados para a cultura da soja (DERAL; Agrícola Horizonte; Coopagril; Disam), através de comunicação pessoal (TABELA 8).

O preço da cultura seguiu a variação dos valores verificados no Oeste do Paraná no período de 1999 a 2018 em dólares, baseados em dados obtidos no DERAL (2018).

Para os rendimentos (R) do milho foi adotado o valor obtido nas parcelas no limpo nas duas safras, 2017 (11566,88) e 2018 (12744,92) kg ha⁻¹. O percentual de perda de rendimento do milho (i) em convivência com as plantas *de D. insularis* (m²), foram obtidos com os ajustes de regressão linear em função dos valores das porcentagens de perdas no milho causadas pelas densidades *de D. insularis*, conforme metodologia adaptada de Vidal et al. (2005).

Os dados obtidos para o NDE foi aplicado a gráfico de superfície construído a partir de modelos múltiplos de regressão. Para futuras comparações, o valor do dólar no período experimental foi de R\$ 3,67.

4.5.10. Análise Estatística

Os dados obtidos para o NDE foi aplicado a gráfico de superfície ajustados a modelos múltiplos de regressão, com elevado R² e com lógica biológica.

Tabela 8. Estratégias de controle de plantas daninhas utilizadas na dessecação da área, pré-semeadura e pós-emergência da cultura do milho safrinha, no Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon-Paraná 2019.

Estratégia	Manejo adotado	Método de aplicação	Produto comercial p.c.	Volume do produto comercial (L ha ⁻¹)	Preço da dose (R\$ ha ⁻¹) L ⁻¹ , kg ⁻¹ , homem ⁻¹ ou hora ⁻¹	Custo de controle ha ⁻¹	
						R\$	US\$
1	Dessecação	Tratorizado	Atrazina	3,3	13,38	112,49	30,65
			Zapp Qi	2	19,17		
			H M**		30		
2	Dessecação Pós-emergente	Tratorizado	Zapp Qi	2	19,17	188,12	51,26
			Aminol	1	16,35		
			Orange	1	9,37		
			H M**		30		
			Zapp Qi	2	19,17		
			Aminol	1	16,35		
			Orange	1	9,37		
H M**		30					
3	Dessecação sequencial	Tratorizado	Atrazina	3,3	13,38	255,61	69,65
			Callisto	0,17	191,75		
			Zapp Qi	2,5	19,17		
			H M**		30		
			Callisto	0,17	191,75		
			Zapp Qi	2	19,17		
			H M**		30		
4*	Dessecação	Tratorizado	Atrazina	3,5	13,38	165,17	45,01
			Zapp Qi	2	19,17		
	H M**		30				
	Capina	Manual	Homem***		50		

Fonte: comunicação pessoal (Coopagril, Agrícola Horizonte, Disam)

* manejo para milho convencional

** H M (hora máquina)

*** homem valor da diária homem ha⁻¹ (rendimento de 4 ha^{-dia})

4.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.6.1. Avaliações Biométricas, Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e Produtividade do Milho

Ao analisar os resultados da análise de variância verificou-se que houve interação ($p < 0.01$) entre os fatores ano e densidades dos biótipos para todos os parâmetros avaliados, com exceção dos teores de N e K foliar (Tabela 9). Também foi verificada interação ($p < 0.05$) entre ano e biótipo apenas nas variáveis produtividade e eficiência agrônômica do uso da água.

O efeito das densidades de *D. insularis* proporcionaram redução linear na altura das plantas de milho durante os dois anos, com taxa de redução de 0,27 e 0,47 cm dia⁻¹ por planta em convivendo com o milho nos anos de 2017 e 2018, respectivamente (Figura 22).

Outro estudo que observou redução na altura de milho foi realizado por Santos et al. (2015). Os autores observaram redução de aproximadamente 6% na altura das plantas de milho em convivência com a *Brachiaria brizantha*, e relatam que a ocorrência da redução da altura dar-se devido a agressividade da planta competidora, que pode afetar outras partes da cultura.

A diferença observada na área foliar do milho no estágio V₆ sem competição com os biótipos de *D. insularis* (testemunha) entre os dois anos de cultivo foi de 41,7% (Figura 23). A redução da área foliar do milho em competição com sete plantas m⁻² de *D. insularis* na safrinha de 2017 foi maior (20,4%), enquanto na safrinha de 2018 observou-se redução de 10,4%, ambas comparadas com suas respectivas testemunhas.

Na Figura 24, estão representados os valores das massas secas das plantas de milho nos dois anos agrícolas, onde verifica-se maior acúmulo de massa seca na safrinha de 2017, corroborando com os dados de altura de plantas e área foliar.

A competição das densidades de *D. insularis* com milho resultaram em perdas de massa seca que variaram dos 4,2 a 33,2% na safrinha de 2017 e de 3,0 a 24,0% na safrinha de 2018 com as populações de 7 e 56 plantas m⁻², respectivamente.

Tabela 9. Quadrados médios, média geral e coeficiente de variação da análise de variância referentes a: Altura de planta (ALT), Área foliar (AF), Massa seca total (MST), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), Produtividade (PROD) e Eficiência agrônômica do milho em função da água (EAMFA) de plantas de milho em competição com biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate, cultivado nas safrinha de 2017 (E1) e 2018 (E2) em Marechal Cândido Rondon-Paraná.

Fonte de Variação	F calculado								
	GL	ALT (cm)	AF (cm ² planta ⁻¹)	M S T (g planta ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	PROD (Kg ha ⁻¹)	EAMFA (Kg mm)
Bloco (Anos)	6	228,371 ^{ns}	1323918,661 ^{ns}	2275,201 ^{ns}	17,580 ^{ns}	0,005 ^{ns}	125,540 ^{**}	163706,380 ^{ns}	1,628 ^{ns}
Anos (A)	1	69207,612 ^{**}	26631342,763 ^{**}	253228,510 ^{**}	4108,124 ^{**}	6,050 ^{**}	1717,082 ^{**}	64954982,557 ^{**}	48,438 [*]
Densidades (D)	4	793,332 ^{**}	3026277,866 ^{**}	22026,151 ^{**}	224,961 ^{**}	0,023 ^{**}	144,948 ^{**}	16909746,960 ^{**}	8,513 ^{**}
Biótipos (B)	1	137,812 ^{ns}	540810,272 ^{ns}	4641,799 ^{ns}	11,735 ^{ns}	0,000 ^{ns}	1,950 ^{ns}	6683940,171 ^{ns}	1,287 ^{ns}
A x D	4	396,057 ^{**}	2549109,349 ^{**}	4428,878 [*]	6,489 ^{ns}	0,018 ^{**}	48,546 ^{ns}	8809637,325 [*]	3,110 [*]
A x B	1	0,001 ^{ns}	99916,075 ^{ns}	74,035 ^{ns}	4,213 ^{ns}	0,000 ^{ns}	43,203 ^{ns}	558416,451 [*]	17,475 [*]
D x B	4	12,617 ^{ns}	143216,726 ^{ns}	1331,845	3,705 ^{ns}	0,001 ^{ns}	6,877 ^{ns}	1067090,728 ^{ns}	14,445 ^{ns}
A x D x B	4	1,104 ^{ns}	62060,990 ^{ns}	224,292 ^{ns}	2,744 ^{ns}	0,000 ^{ns}	5,572 ^{ns}	513676,362 ^{ns}	4,365 ^{ns}
Erro	54	101,366	588812,714	1660,044	21,889	0,003	20,499	968157,409	8,937
CV (%)		4,69	26,70	13,40	19,02	10,45	12,22	9,63	16,15
Média geral		214,64	2873,57	304,14	24,59	0,57	37,09	10211,91	18,50

^{ns}: não significativo (P>0,05). ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro.

GL = Graus de Liberdade

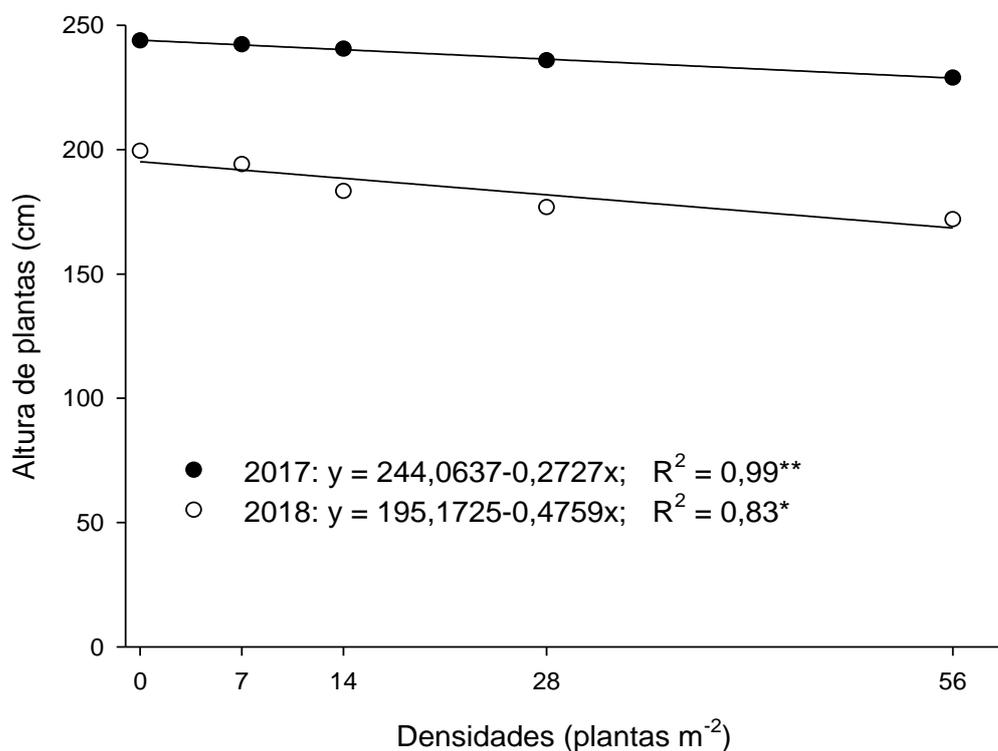


Figura 22. Altura de planta de milho no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nas safrinhas de 2017 e 2018. ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro.

Em estudo semelhante Severino, Carvalho e Christoffoleti (2005) testaram a interferência de três espécies de plantas daninhas (*Ipomoea grandifolia*, *Amaranthus hybridus* e *Digitaria horizontalis*) na cultura do milho no período da safrinha e verificaram redução na área foliar do milho de 30,2 a 39,5% e na massa seca com perdas de 42 a 51%. Nessa pesquisa ficou evidenciado o quanto as plantas daninhas prejudicam a produtividade das culturas, pois, embora o milho seja considerado um excelente competidor, principalmente com plantas de menor porte (SILVA et al., 2004), o rendimento dos grãos foi reduzido em 71,4%.

Carvalho, Bianco e Bianco (2014a) destacam que o baixo rendimento do milho pode ocorrer devido a falta de nutrientes disponíveis para a cultura ocasionado pela competição das plantas daninhas, já que as plantas daninhas podem ser até

80% mais eficientes do que as culturas na absorção de nutrientes, dependendo da espécie (CURY et al., 2012).

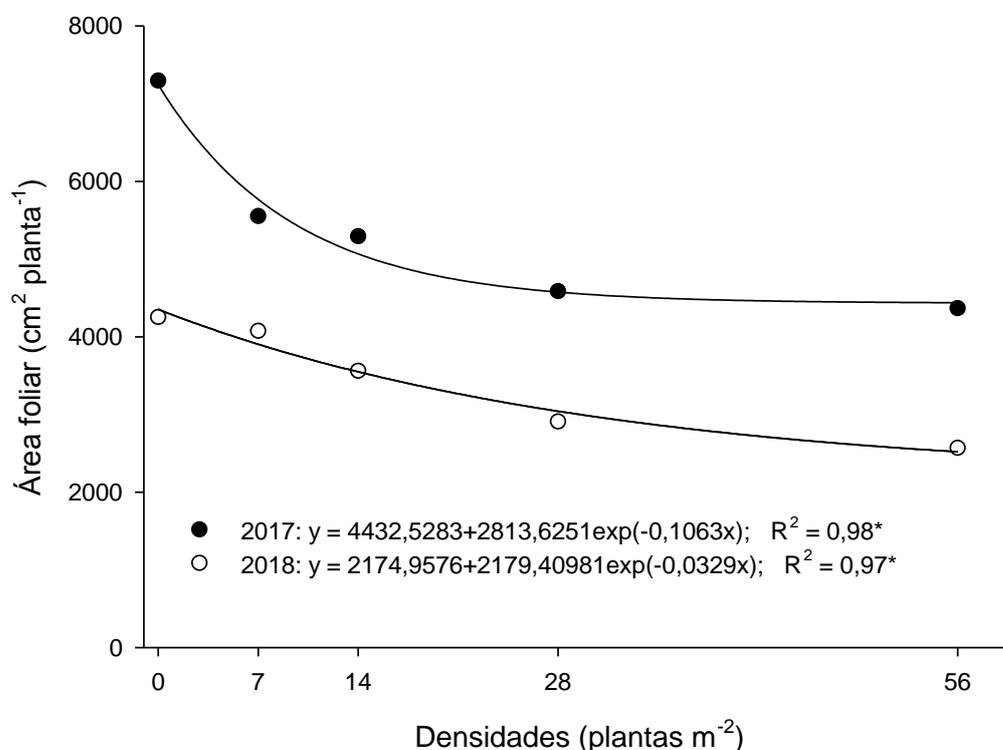


Figura 23. Área foliar de planta de milho no estágio V₆, em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nas safrinhas de 2017 e 2018. * significativo a 5% de probabilidade de erro.

Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) foliares determinados nas plantas de milho em convivência com diferentes densidades de *D. insularis*, reduziram linearmente com o aumento das densidades de *D. insularis* nas safrinhas de 2017 e 2018, com exceção do P no experimento de 2018 que não houve ajuste (Figuras 25, 26 e 27).

As perdas no acúmulo de N nas plantas de milho nos dois anos, devido a competição de uma planta de *D. insularis* m⁻² foram próximas com valores de 0,15 g kg⁻¹ e 0,20 g kg⁻¹ para as safrinhas de 2017 e 2018, respectivamente. O aumento das perdas foi mais intenso a medida em que se elevou as densidades de *D. insularis*.

A redução no teor de P foliar do milho na safrinha de 2017 em competição com 56 plantas m^{-2} comparado à testemunha foi de 19,5%. Para o teor de K foi observado uma perda média de aproximadamente $0,25 g kg^{-1}$, com a convivência de uma planta m^{-2} nos anos de 2017 e 2018.

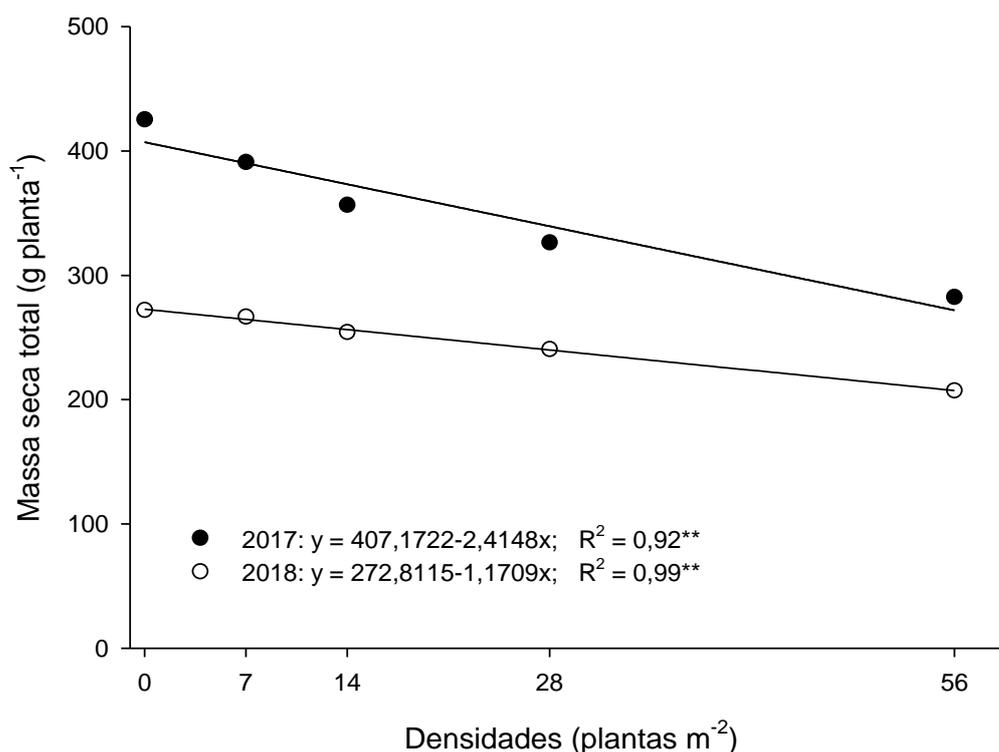


Figura 24. Massa seca total de planta de milho no estágio V_6 , em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nas safrinhas de 2017 e 2018. ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Melo et al. (2015) ressaltam que o N caracteriza-se por ser o principal macronutriente limitante na produtividade do milho, e quando existe a presença de plantas daninhas, durante o crescimento inicial e desenvolvimento do milho, pode ocorrer redução no acúmulo de N na média de 59%, destacando que a cultura precisa permanecer no limpo pelo menos até o período de enchimento de grãos, pois mesmo que nesse período a absorção do N seja menor (20-35%) o nutriente é determinante no rendimento da cultura (RAJCAN; SWANTON, 2001).

O fósforo (P) é um nutriente que possui alta variabilidade na demanda nutricional (SETIYONO et al., 2010; VON PINHO et al., 2009) e quando se tem deficiência de P na planta ocorre a diminuição da área foliar e consequentemente a fotossíntese (FIDELIS; MIRANDA; ERASMO, 2009). Já Vasconcelos et al. (2001) relataram que entre 70 a 80 dias após a emergência do milho, o K está com a exigência quase completa, enquanto o N e P supriu apenas 50% da necessidade da cultura. Entretanto, estes nutrientes só ficam totalmente disponíveis se houver boas precipitações e com cultura estiver livre de plantas daninhas.

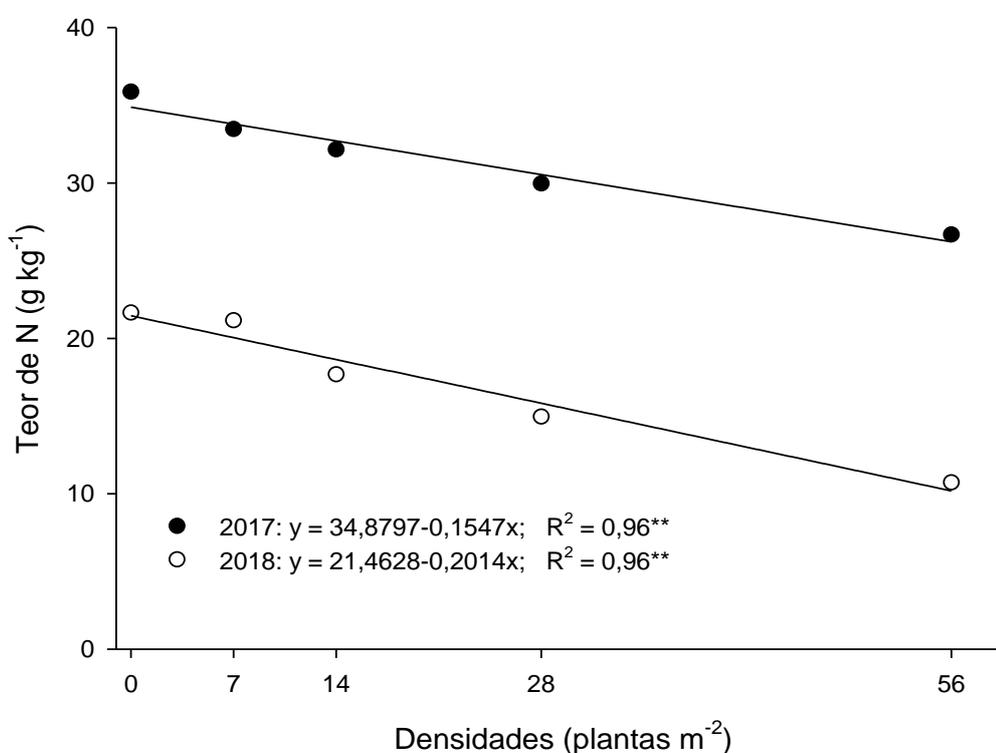


Figura 25. Teor de Nitrogênio foliar de milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

Destaca-se que, quando as culturas estão em convivência com as plantas daninhas que possuem as mesmas características morfofisiológicas, geralmente ocorrem as mesmas exigências pelos recursos do meio, o que torna a competição mais intensa e as reduções de rendimento mais elevadas (SILVA; DURIGAN, 2006).

As consequências das diferenças entre os anos de cultivo e dos efeitos das densidades das plantas de *D. insularis* na cultura do milho ficam mais evidentes quando são apresentados os dados de produtividade (Figuras 28).

Na safrinha de 2017 foi verificada produção máxima de 12384,83 kg ha⁻¹ e em 2018 11141,86 kg ha⁻¹, diferença de 10% entre os anos. Entretanto, com a competição com 56 plantas m⁻² de *D. insularis* a diferença média sobe para 28,1% entre os dois anos.

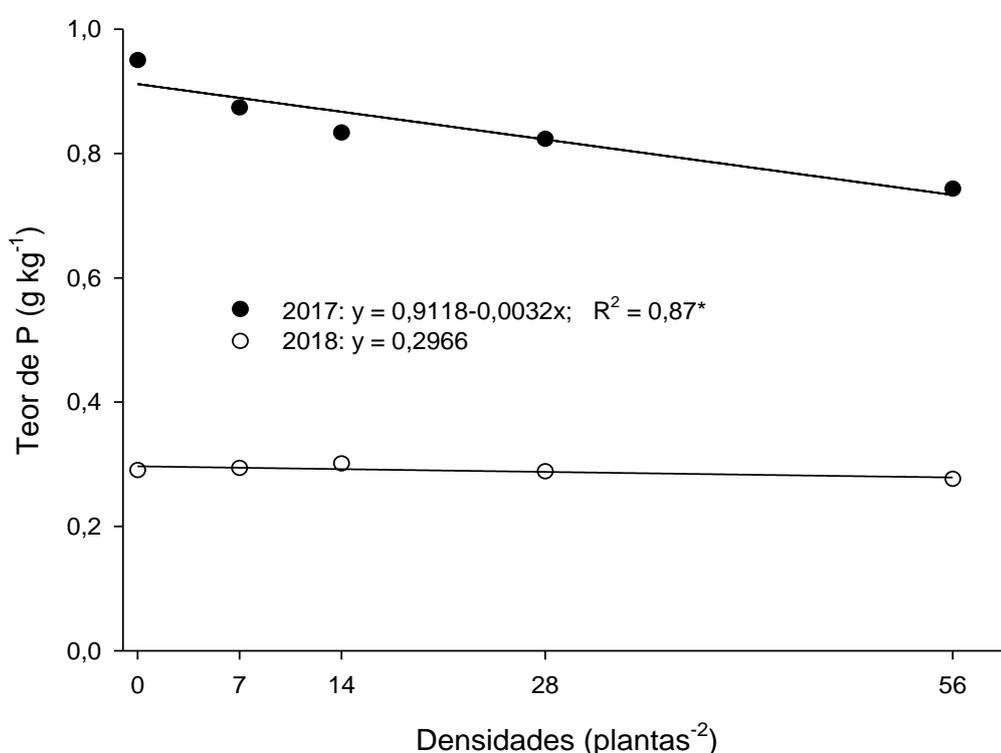


Figura 26. Teor de Fósforo foliar de milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). * significativo a 5% de probabilidade de erro.

As maiores perdas na produtividade do milho no ano de 2017 foram verificadas com a convivência do biótipo de *D. insularis* resistente, que proporcionou perdas de 64,58 kg ha⁻¹ na produtividade quando conviveu com uma planta m⁻² com a cultura durante todo ciclo. Em 2018, o biótipo suscetível foi mais competitivo com 5,8% de perdas e redução de 89,76 kg ha⁻¹ de milho por planta de *D. insularis*.

Silva et al. (2015) pesquisaram a competição da tiririca roxa (*Cyperus rotundus*) com o milho e verificaram perdas de rendimento no milho de 10%, em competição com 10 plantas m^{-2} . Vazin (2012) relatou que a competição do *Amaranthus retroflexus* com milho pode causar perda máxima na produtividade de 31,6% com a densidade de 8 plantas m^{-2} . Enquanto Gantoli, Ayala e Gerhards (2013) descreveram que as perdas de rendimento do milho podem variar de 38 a 65% em convivência com diferentes espécies e densidades (32 a 221 plantas m^{-2}) de plantas daninhas.

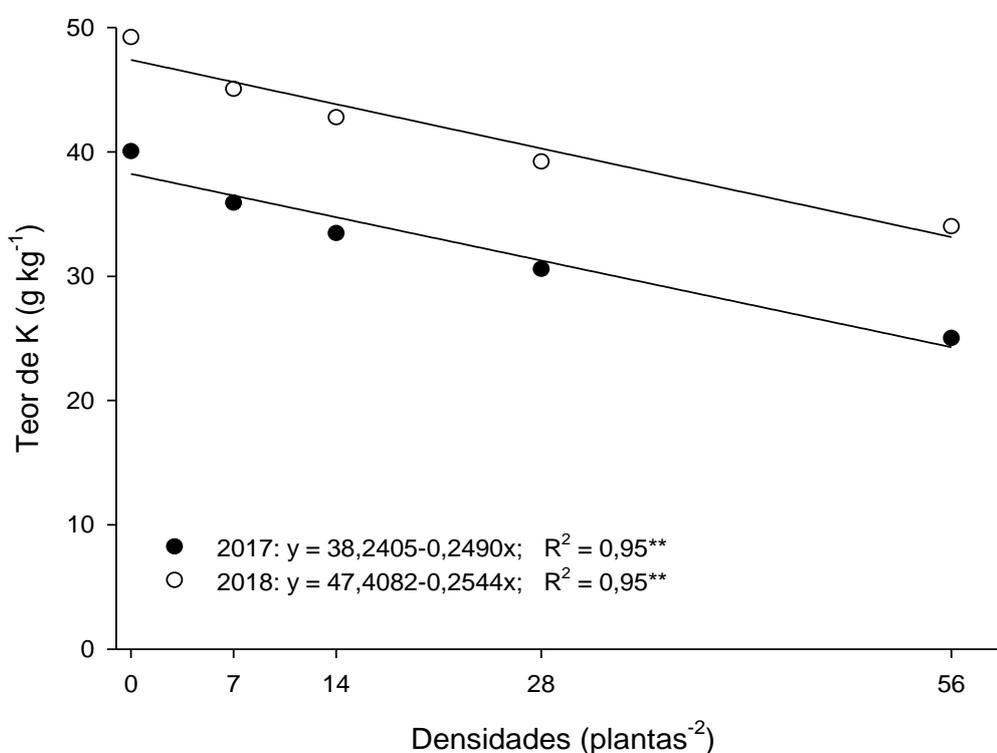


Figura 27. Teor de Potássio foliar de milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

No presente estudo foi calculada a eficiência agrônômica do milho em função da água, que expressa a produção em quilos da cultura mm^{-1} de chuva ocorrido durante o período de avaliação dos experimentos do milho safrinha, conforme os resultados apresentados nas Figuras 29.

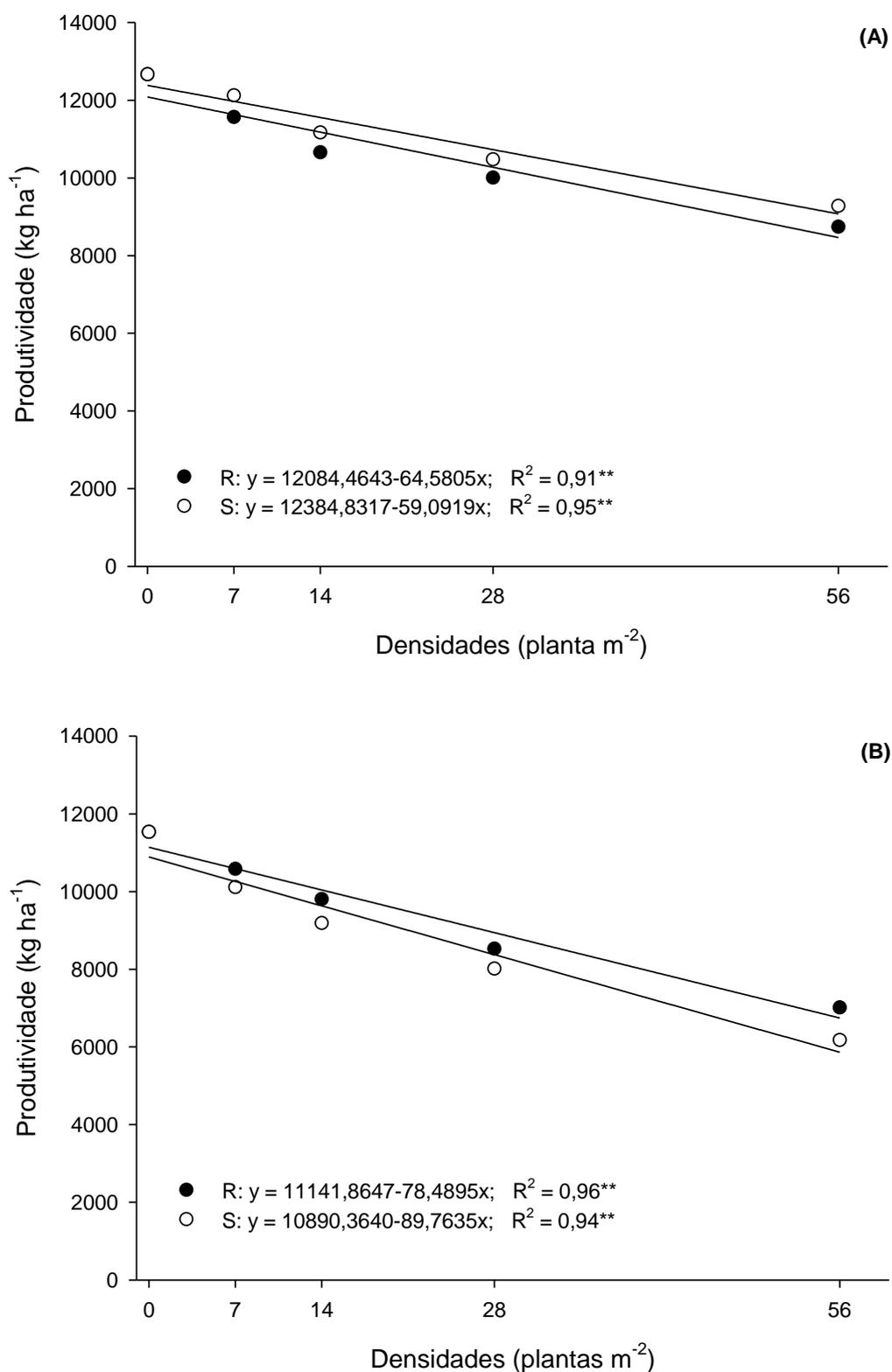


Figura 28. Produtividade de milho em função de diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

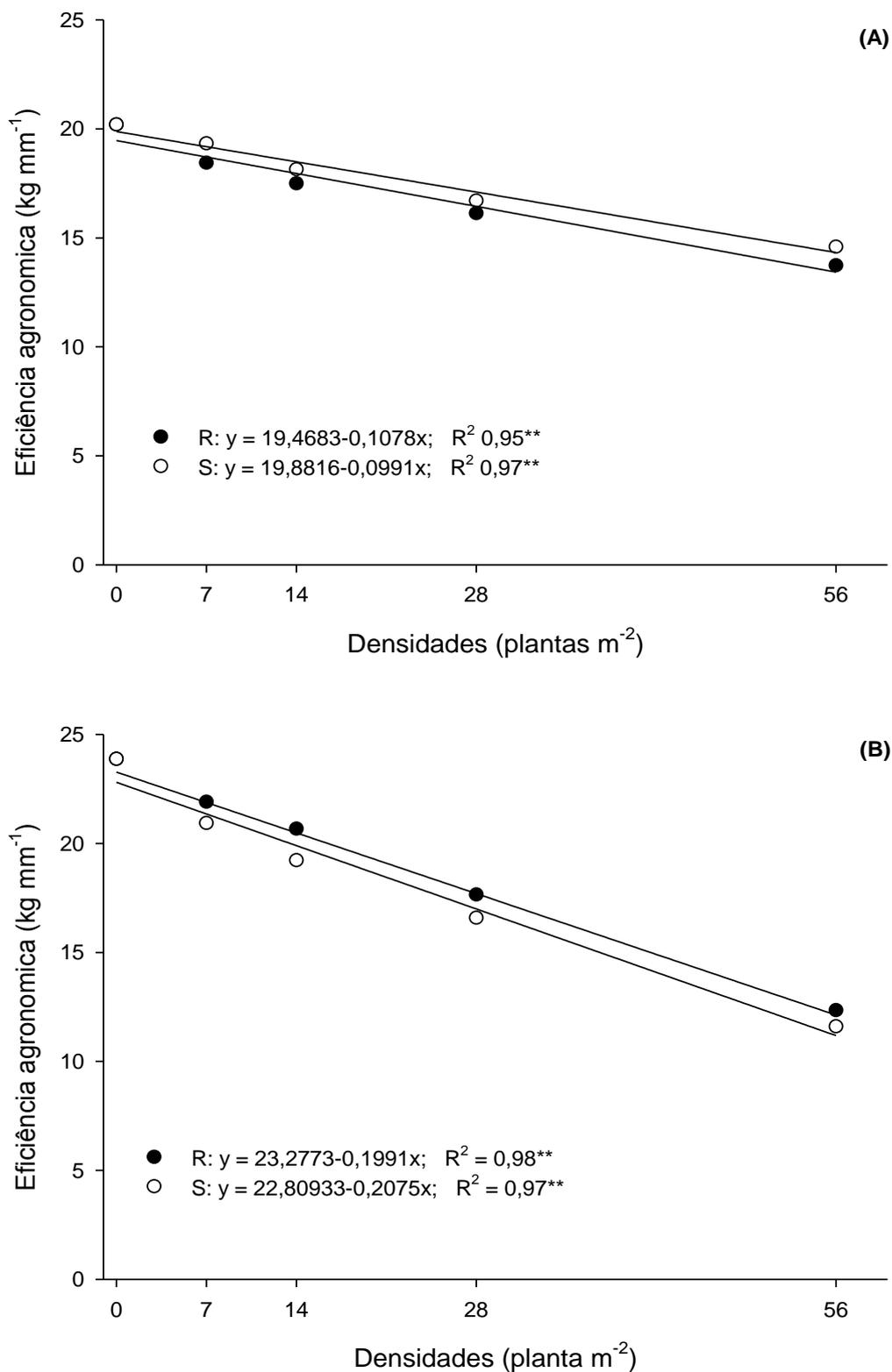


Figura 29. Eficiência agrônômica do milho em função da água, submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis*, nos anos de 2017 (A) e 2018 (B). ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

As maiores perdas na eficiência agrônômica do milho em 2017 foram proporcionadas pelo biótipo resistente com média de 2,7% entre densidade de 7 a 56 plantas m^{-2} de *D. insularis*. No ano de 2018, as maiores perdas na eficiência agrônômica do milho foram verificadas na competição biótipo resistente (2,6%) entre densidade de 7 a 56 plantas m^{-2} . Apesar de proporcionarem perdas semelhantes entre os anos, pode-se destacar que a intensidade dos danos foram maiores na safrinha de 2018, com diminuição de aproximadamente 50% na eficiência agrônômica do milho.

Durante o cultivo do milho safrinha de 2017, a precipitação acumulada ficou dentro média necessária para total crescimento e desenvolvimento do milho, assim como a distribuição da chuva durante o ciclo, no entanto, na safrinha de 2018, foi verificado um volume de chuva muito baixo (375 mm) (Figuras 1 e 2).

Não foram encontrados na literatura trabalhos que verifiquem a eficiência agrônômica do milho em função da água em competição com plantas daninhas. Entretanto, os efeitos negativos da redução da água na cultura foi estudado por Costa et al. (2008) que verificaram redução na massa seca das plantas de milho e redução da área foliar entre 13 a 47%. Enquanto, Faraco et al. (2016) avaliaram o rendimento de grãos e eficiência do uso de água da cultura do milho em função da irrigação nas safras 2013/14 e 2014/15, com perdas de 56,3% no rendimento para a safra e 2013/14 e 37,6% para a safra 2014/15.

Para Wagner et al. (2013) as perdas na produção do milho começam por causa da dependência da disponibilidade de água, que varia entre 2,5 a 7,5 $mm\ dia^{-1}$ dependendo do estágio vegetativo, e quando a lavoura se encontra em competição com as plantas daninhas, as perdas aumentam, porque a demanda pela água aumenta em 40%, para suprir a necessidade de um número maior de plantas por área (ZWART; BASTIAANSSEN, 2004). E se a planta em competição for da mesma família a interferência passa a ser maior (FLECK et al., 2009). Por que, no geral estas plantas irão competir por todos os fatores de crescimento e desenvolvimento da cultura.

Em relação ao cultivo do milho safrinha deve-se destacar que a semeadura tem sido realizada imediatamente após a colheita da safra de verão, e em muitos casos utiliza-se apenas a adubação de base. Porém, quando alguns produtores

veem no cultivo do milho safrinha uma oportunidade de aumentar, e investem mais no cultivo principalmente com adubação de cobertura (Comunicação Pessoal).

Portanto, ao simular uma situação prática em relação a adubação de cobertura na cultura do milho, deve-se levar em consideração que o controle das plantas daninhas não será 100% eficiente. Deste modo, para exemplificar uma situação prática da competição de apenas uma planta m^{-2} de *D. insularis* no milho, uma alternativa seria aumentar em média 0,65% a aplicação das fontes N e K na tentativa de obter as máximas produtividades. Mesmo assim deve-se evitar a presença de plantas remanescentes durante os cultivos.

Quando são realizados vários manejos das plantas daninhas eleva-se ainda mais os custos da produção, tornando o cultivo inviável. Entretanto, se estas plantas não forem controladas, a situação será pior nos cultivos seguintes, porque estas plantas irão produzir sementes e supostamente elevar o número de plantas para ser controladas ou que competirão.

Diante do exposto, estudos devem ser realizados para verificar se realmente a adubação de cobertura acrescida da porcentagem de perda calculada pelo número de plantas daninhas vai ser suficiente para suprir a necessidade da cultura que estará em competição, ou se deve realizar o manejo das plantas daninhas para se obter a máxima produtividade.

4.6.2. Nível de Dano Econômico (NDE) das *D. insularis* no Milho Safrinha

Os resultados obtidos na determinação do NDE relaciona o custo do controle das plantas daninhas e o preço de venda do milho, evidenciando que a densidade de *D. insularis* resistente ou suscetível que a cultura pode tolerar diminui quando o preço de venda do milho está alto e o custo de controle baixo (Figuras 30 e 31).

Ao considerar o resultado observado no experimento do milho para o ano de 2017, em que a produção foi de 12744,92 kg ha⁻¹ e os dados econômicos de preço médio do milho de US\$ 9,00 o saco 60 kg e do custo de controle de US\$ 45,00 ha⁻¹, foi estimado o NDE de aproximadamente 17,4 plantas m⁻² do biótipo resistente e 22,9 plantas m⁻² do biótipo suscetível. Da mesma forma, para o ano de 2018 em que a produção do milho foi de 11566,88 kg ha⁻¹ e considerando os mesmos valores econômicos da simulação anterior de preços médio de milho e de controle, estimou-se o NDE de 13,7 e 11,6 plantas m⁻² do biótipo resistente e suscetível, respectivamente.

Por outro lado, ao considerar como base de cálculo a produtividade de 2017 e os valores vigentes no Oeste do Paraná no mês de abril de 2019 de US\$ 6,77 (preço) e US\$ 38,30 (custo de controle) (CEPEA, 2019; SEAB, 2019), o NDE ficou estimado em 10,0 e 13,2 plantas m⁻² do biótipo resistente e suscetível, respectivamente. E a mesma simulação com a produção de 2018 foi estimado NDE de 7,9 plantas m⁻² para o biótipo resistente e 6,7 plantas m⁻² para o biótipo suscetível.

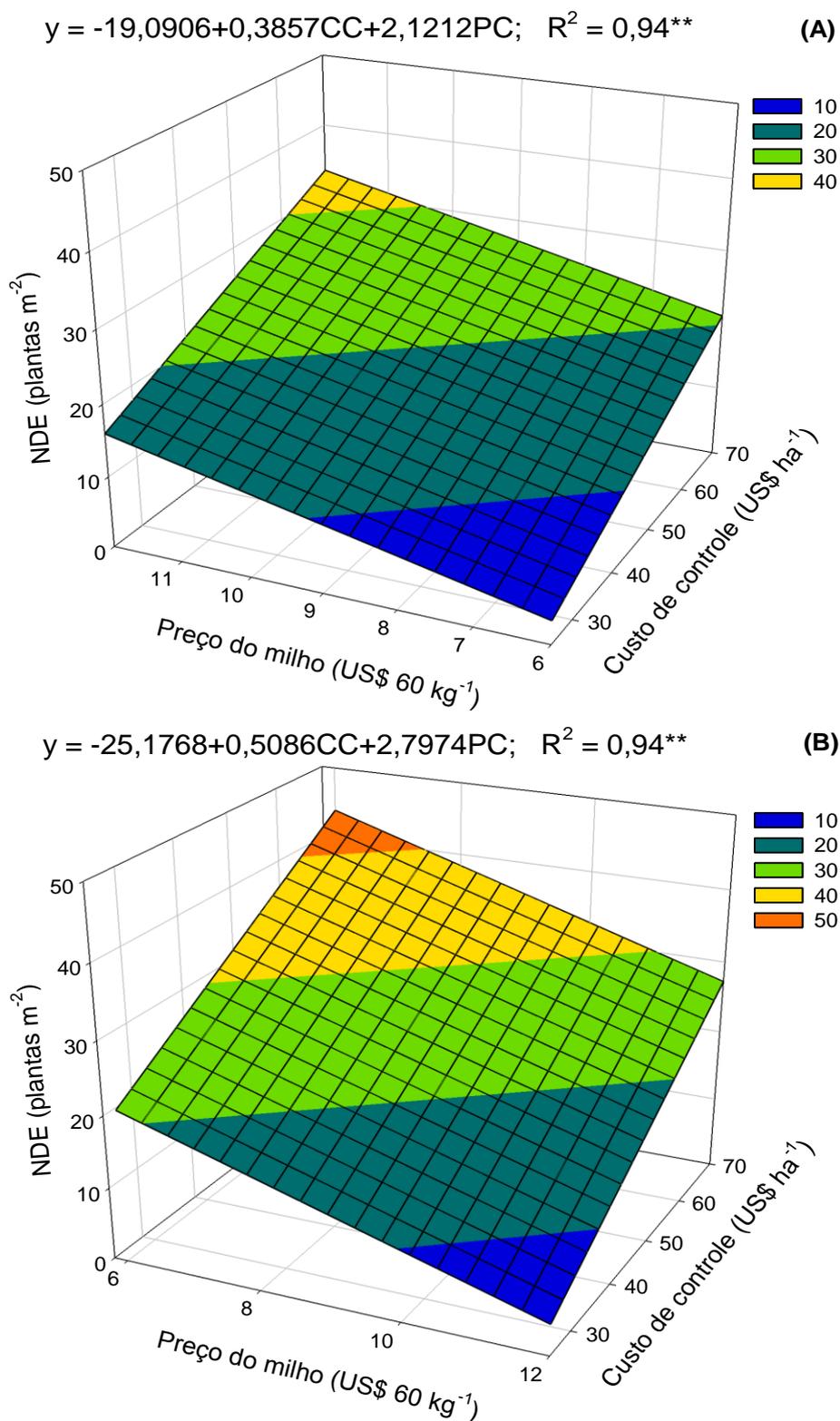


Figura 30. Estimativa de NDE no milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis* resistente (A) e suscetível (B) ao glyphosate durante o ano 2017, considerando o custo de controle (CC) e preço de comercialização do milho (PC).** significativo a 1% de probabilidade de erro.

O NDE das plantas daninhas varia de acordo com a espécie em competição e com a cultura. Deste modo, nos estudos realizados por Vazin (2012), com milho competindo com *Amaranthus retroflexus*, foi verificado que o NDE ficou entre 0,09 a 0,13 planta m⁻¹ linear, para um custo de controle de US\$ 25,00 ha⁻¹ e preço do milho a US\$ 1,25 kg⁻¹.

Na competição da *Brachiaria plantaginea* com o milho, foi verificado que a cultura pode-se tolerar até 13 plantas m⁻², considerando o preço do milho entre R\$ 100 e 300 ton⁻¹ e custo de controle variando de R\$ 20 e 60 ha⁻¹ (VIDAL et al., 2004).

No estudo realizado por Cathcart e Swanton (2003) com *Setaria viridis* na cultura do milho, foi observado NDE entre 6 e 167 plantas m⁻², e quando se tem um maior número de planta no campo, conseqüentemente aumenta o banco de sementes e a dificuldade de controle desta plantas e por fim aumenta o custo de controle da próxima safra.

Na competição entre a *Conyza bonariensis* e a cultura da soja, com custo de controle entre R\$ 50 e 150 ha⁻¹ e preço de venda entre R\$ 40 a 80 saco⁻¹ ficou estimado que o NDE tolera até 6,01 plantas m⁻² (AGOSTINETTO; SILVA; VARGAS, 2017). Para a cultura do arroz foi verificado valores de NDE de 0,34 a 2,03 planta m⁻² com preços pago por saca de 50 kg estimado entre US\$ 5,70 a 19,58 e o custo de controle médio de US\$ 58,00 ha⁻¹ (AGOSTINETTO et al., 2010).

No feijoeiro o NDE variou de 0,3 a 3,3 plantas m⁻² de *Euphorbia Heterophylla*, com preços pagos entre R\$ 0,75 e 2,00 kg⁻¹ e custo de controle com variação de R\$ 45 e 120 ha⁻¹ (MACHADO et al., 2015) e 2,2 a 8,72 plantas m⁻² de *Bidens pilosa* para preços pagos entre US\$ 15,90 a 62,20 saco⁻¹ e custo de controle com variação de US\$ 27,52 a 45,87 ha⁻¹ (GALON et al., 2016).

Os resultados verificados nos NDEs para as diferentes situações destacam que as condições experimentais, edafoclimáticas, espaciais, clima, solo e proporção da espécie de plantas daninhas em competição, podem alterar o valor do NDE para mais ou menos. Nesse aspecto, cabe ressaltar que os aumentos no rendimento da cultura, no valor do produto, na eficiência de controle ou na perda de rendimento da cultura são fatores que ocasionam redução no NDE (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002).

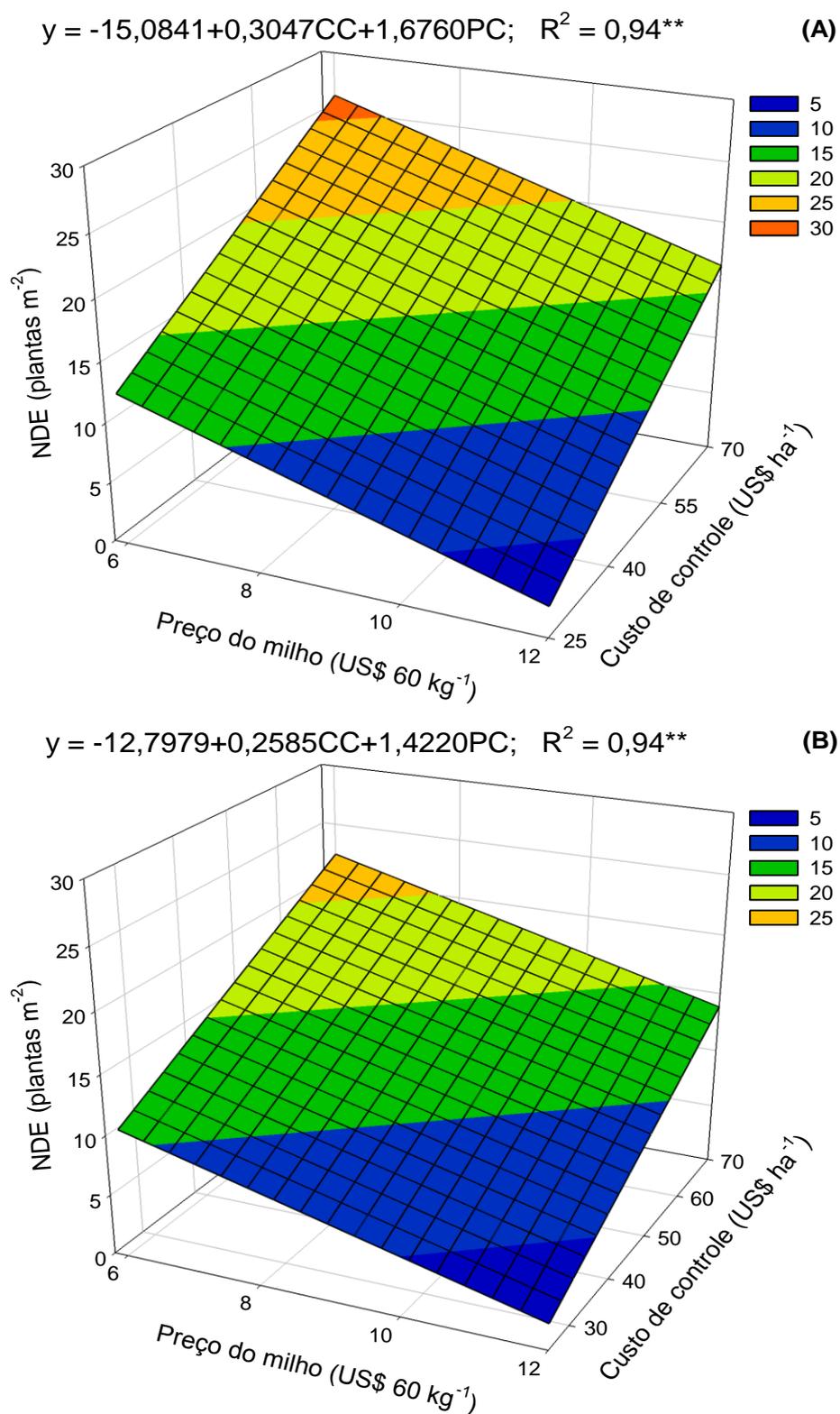


Figura 31. Estimativa de NDE no milho submetido a diferentes densidades de *Digitaria insularis* resistente (A) e suscetível (B) ao glyphosate durante o ano 2018, considerando o custo de controle (CC) e preço de comercialização do milho (PC).

** significativo a 1% de probabilidade de erro.

O fato da decisão de controle das plantas daninhas ser baseada no NDE pode dificultar o uso desta ferramenta, em virtude das oscilações ocorridas nos preços dos insumos no mercado internacional (VIDAL; FLECK; MEROTTO JR., 2005). Entretanto, ao considerar que o cultivo do milho safrinha apresenta elevado potencial de produtividade, justifica-se economicamente a adoção de medidas de controle da *D. insularis*, mesmo em baixa densidade para evitar a dispersão de sementes e a futura reinfestação da área de cultivo, visto que a planta da *D. insularis* apresenta uma produção de sementes que ultrapassa 40 mil sementes, (FERREIRA et al., 2018).

O retorno das sementes de *D. insularis* ao solo podem resultar em plantas que irão demandar investimento para o controle químico, elevando a frequência da aplicação de glyphosate. E se plantas forem resistentes, serão necessário doses maiores para o controle elevando a pressão de seleção da espécie presente na área de cultivo.

Destaca-se ainda, que o controle de todas as plantas daninhas presente na área, torna-se economicamente e ecologicamente inviável. Economicamente a eliminação total das *D. insularis*, tem um custo muito elevado. Ecologicamente, a tentativa de supressão total de plantas daninhas na área, contribui para a eliminação das plantas que apresentam genes suscetíveis, e reduz a possibilidade de possíveis cruzamentos entre os biótipos.

Enfim, as alternativas para o controle das plantas daninhas deve ter como premissa o uso do NDE associado ao Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), ou seja, o controle deve ser realizado considerando um programa consistente de manejo das plantas daninhas que minimize os efeitos de populações residuais de plantas daninhas que não foram controladas, a adoção da prática de rotação de culturas, adequação do arranjo espacial das culturas, uso de cultivares mais competitivos, supressão da produção de sementes e uso de herbicidas de diferentes mecanismos de ação com doses eficientes no controle de plantas daninhas, são práticas que evitam a seleção biótipos resistentes.

4.7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste trabalho pode-se concluir que os níveis de dano econômicos foram diferentes para os biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. E que as diferenças podem ter ocorrido principalmente em virtude das condições ambientais verificadas entre os anos avaliados. Portanto, considerando os valores médios dos grãos e do custo de controle para os anos 2017 e 2018, foi possível determinar o NDE de 17,4 e 13,7 plantas m^{-2} para o biótipo resistente e NDE de 22,9 e 11,6 plantas m^{-2} para o biótipo suscetível, respectivamente.

4.8. REFERÊNCIAS

- ADKINS, S.; SHABBIR, A. Biology, ecology and management of the invasive parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.). **Pest Management Science, New York**, v. 70, n. 7, p. 1023–1029, 2014.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; RIGOLI, R. P.; MORAES, P. V. D.; FONTANA, L. C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria, Curitiba**, v. 10, n. 3, p. 185–190, 2009.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J. M. B. V.; TIRONI, S. P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. Número especial, p. 993–1003, 2010.
- AGOSTINETTO, D.; SILVA, D. R. O.; VARGAS, L. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy fleabane interference. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1–8, 2017.
- ARAÚJO, K. C.; SILVEIRA JÚNIOR, M. A.; FERREIRA, E. A.; et al. Crescimento do feijoeiro sob efeito de adubação e competição com plantas daninhas. **Nativa, Sinop**, v. 6, n. 1, p. 20–26, 2018.
- BALBINOT JR., A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 34, n. 6, p. 245–252, 2005.
- BARROSO, A. A. M.; GALEANO, E.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; VICTORIA FILHO, R. Does Sourgrass leaf anatomy influence glyphosate resistance? **Comunicata Scientiae, Bom Jesus**, v. 6, n. 4, p. 445–453, 2015.
- BASTIANI, M. O.; LAMEGO, F. P.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A. C.; SILVA, D. C. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia, Campinas**, v. 75, p. 435–445, 2016.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROT, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista**

Caatinga, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180–186, 2011.

BORCHARTT, L.; JAKELAITIS, A.; VALADÃO, F. C. A.; VENTUROSO, L. A. C.; SANTOS, C. L. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 42, n. 3, p. 725–734, 2011.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREWIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L.; BICUDO, S. J. População , arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho . **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 75–83, 2012.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia, Campinas**, v. 75, n. 1, p. 87–96, 2016.

CANTO-DOROW, T. S.; LONGHI-WAGNER, H. M. Novidades taxonômicas em *Digitaria Haller* (Poaceae) e novas citações para o gênero no Brasil. **INSULA Revista de Botânica, Floriamipolis**, v. 30, p. 21–34, 2001.

CANTO-DOROW, T. S.; SCHOTTI, P. C. Benefícios potenciais de plantas daninhas : uma perspectiva de educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 4, n. 4, p. 524–529, 2011.

CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. C. A.; BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S. Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de fibra colorida 'BRS Safira'. **Revista Ciencia Agronomica, Fortaleza**, v. 41, n. 3, p. 456–462, 2010.

CARVALHO, L. B. **Plantas daninhas**. 1^o ed. Lages, SC, 2013.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; BIANCO, S. Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 31, n. 1, p. 109–115, 2013. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582013000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 14/10/2015.

CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; BIANCO, M. S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Zea mays* e *Ipomoea hederifolia*.

Planta Daninha, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 99–107, 2014.

CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M. S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 2, p. 293–301, 2007. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 9/2/2016.

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; et al. Detection of Sourgrass (*Digitaria insularis*) Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171–176, 2011. Weed Science Society of America 810 East 10th Street, Lawrence, KS 66044-8897.

CATHCART, R. J.; SWANTON, C. J. Nitrogen management will influence threshold values of green foxtail (*Setaria viridis*) in corn. **Weed Science**, v. 51, n. 6, p. 975–986, 2003.

CEPEA. Milho: safrinha avança, e preço começa a cair. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/milho-safrinha-avanca-e-preco-comeca-a-cair.aspx>>. Acesso em: 9/2/2018.

CHIKOYE, D.; EKELEME, F.; LUM, A. F. Competition between *Imperata cylindrica* and maize in the forest savannah transition zone of Nigeria. **Weed Research, Netherlands**, v. 54, n. 3, p. 285–292, 2014.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE FIGUEIREDO, M. R. A.; PERES, L. E. P.; NISSEN, S.; GAINES, T. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, 2015.

CIB. **Transgenicos 2018** - ISAAA Resumo Executivo. pdf. Disponível em: <<https://cib.org.br/transgenicos/>>. Acesso em: 9/2/2018.

CORRÊA, M. L. P.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANETTI, A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V. Dinâmica populacional de plantas daninhas na cultura do milho em função de adubação e manejo. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 42, n. 2, p. 354–363, 2011.

CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 1, p. 93–101, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000100093&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. 4, p. 769–776, 2010.

CUNHA, J. L. X.; FREITAS, F. C. L.; COELHO, M. E. H.; et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional conventional. **Revista Agro@ambiente, Boa Vista**, v. 8, n. 1, p. 119–126, 2014.

CURY, J. P.; SANTOS, J. B.; SILVA, E. B.; et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 30, n. 2, p. 287–296, 2012.

CURY, J. P.; SANTOS, J. B.; SILVA, E. B.; et al. Eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 31, n. 1, p. 79–88, 2013.

DERAL. **Estimativa mensal de plantio, colheita e comercialização da cultura: milho (2ª SAFRA)**. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2019/07/conab-eleva-estimativa-de-safra-20182019-para-2407-milhoes-de-toneladas.html>>. Acesso em: 9/2/2018.

DINIZ, K. D.; MACEDO, N. A.; PORTELA, G. F.; REZENDE, L. P. BANCO DE Sementes de plantas daninhas em área de pastagem *Panicum maximum* Jacq. cultivar Mombaça no município de balsas - MA. **Biodiversidade**, v. 16, n. 3, p. 27–39, 2017.

DOS SANTOS, S. L. .; DAMACENO, Y. R. P.; CÂMARA, F. T.; et al. Milho (*Zea mays*) para forragem: métodos de manejo de plantas daninhas e níveis de adubação. **Acta Iguazu, Cascavel**, v. 7, n. 1, p. 32–50, 2018.

FARACO, J. R.; CASTRO, N. M. R.; LOUZADA, J. A.; et al. Rendimento de grãos e eficiência do uso de água da cultura do milho em áreas de cultivo de arroz inundado com diferente manejo de irrigação e drenagem. **Irriga, Botucatu**, p. 274–290, 2016.

FARIA, R. M.; BARROS, R. E.; TUFFI SANTOS, L. D. Weed interference on growth and yield of transgenic maize. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 32, n. 3, p. 515–520, 2014.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa. Agropecuaria Tropical, Goiânia**, v. 42, n. 1, p. 63–70, 2012.

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.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; ERASMO, E. A. L. Sob alta e baixa dose de fósforo em solo de cerrado. **Pesquisa. Agropecuaria Tropical, Goiânia**, v. 39, n. 4, p. 285–293, 2009.

FISCHER, D. W.; GORDON HARVEY, R.; BAUMAN, T. T.; et al. Common lambsquarters (*Chenopodium album*) interference with corn across the north-central United States. **Agronomy & Horticulture**, v. 52, n. 6, p. 1034–1038, 2004.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para tomada de decisão no controle de guaxuma em soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 20, n. 3, p. 421–429, 2002.

FLECK, N. G.; SCHAEGLER, C. E.; AGOSTINETTO, D.; et al. Associação de características de planta em cultivares de aveia com habilidade competitiva. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 27, n. 2, p. 211220, 2009.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; GUIMARAES, C. L.; ARAUJO, S. R. A.; OLIVEIRA, F. P. Aptidão climática do milho (*zea mays* L.) para o estado da paraíba. **Revista de Geografia, Recife**, v. 34, n. 1, p. 290–305, 2017.

FRANCO, J. J.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A. C.; PERBONI, L. T.; VARGAS,

L. Relative competitiveness of goosegrass biotypes and soybean crops. **Caatinga, Mossoró**, v. 30, n. 2, p. 271–277, 2017.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P. V. D.; et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 4, p. 709–718, 2007.

GALON, L.; FORTE, C. T.; GABIATTI, R. L.; et al. Interference and economic threshold level for control of beggartick on bean cultivars. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 34, n. 3, p. 411–422, 2016.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; RADÜNZ, A. L.; et al. Relative competitiveness of irrigated rice cultivars and *Aeschynomene denticulata*. **Bragantia, Campinas**, v. 74, n. 1, p. 67–74, 2015.

GALON, L.; SANTIN, C. O.; ANDRES, A.; et al. Competitive interaction between sweet sorghum with weeds. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 36, 2018.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; et al. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 29, n. 4, p. 771–781, 2011.

GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Ceres, Viçosa**, v. 61, n. 7, p. 819–828, 2014.

GANTOLI, G.; AYALA, V. R.; GERHARDS, R. Determination of the Critical Period for Weed Control in Corn. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 63–71, 2013.

GANTOLI, G.; AYALA, V. R.; GERHARDS, R. Determination of the Critical Period for Weed Control in Corn. **Weed Science Society of America**, v. 27, n. 1, p. 63–71, 2013.

GAZOLA, T.; BELAPART, D.; CASTRO, E. B.; CIPOLA FILHO, M. L.; DIAS, M. F. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência à herbicidas e opções de manejo. **Científica, Jaboticabal**, v. 44, n. 4, p. 557–567, 2016.

GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L.; ADEGAS, F. S.

Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, p. 345–350, 2012.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR., R. S.; COSNTAMTIN, J.; et al. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231–240, 2012.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR, S. R.; CONSTANTIN, J.; et al. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 02, p. 162–170, 2013.

GHANIZADEH, G.; LORZADEH, S.; ARYANNIA, N. Effect of weed interference on Zea mays: Growth analysis. **Weed Biology and Management**, v. 14, n. 2, p. 133–137, 2014.

GHEREKHLOO, J.; NOROOZI, S.; MAZAHERI, D.; et al. Multispecies weed competition and their economic threshold on the wheat crop. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 28, n. 2, p. 239–246, 2010.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M. X.; et al. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 18, n. 11, p. 1110–1115, 2014.

GUGLIERI-CAPORAL, A.; CAPORAL, F. J. M.; KUFNER, D. C. L.; ALVES, F. M. Flora invasora de cultivos de aveia-preta, milho e sorgo em região de cerrado do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Bragantia, Campinas**, v. 70, n. 2, p. 247–254, 2011.

IBGE. **Ibge preve safra de grãos maior em 2019**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/24782-em-maio-ibge-preve-alta-de-3-6-na-safra-de-graos-de-2019>>. Acesso em: 9/1/2019.

ISAAA. **Commercialized biotech / GM Crops**: 2016. **ISAAA**. p.317, 2016. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/.../isaaa-brief-52-2016.pdf>>. Acesso em: 9/2/2016.

JOHANNIS, O.; CONTIERO, R. L. Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas com a cultura da mandioca. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 37, n. 3, p. 326–331, 2006. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/175>>.

KÖPP, L. M.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; et al. Simulação da necessidade hídrica e estimativa de produtividade para cultura do milho em municípios do RS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 235–246, 2015.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000300006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 6/2/2016.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 26, n. 2, p. 467–471, 2008. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000200024&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 27/1/2016.

LICORINI, L. .; GANDOLFO, M. .; SORACE, M. A.; et al. Identificação e controle de biótipos resistentes de *Digitaria insularis* (L.) Fedde ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 141–147, 2015.

LIU, Q.; LU, D.; JIN, H.; et al. Allelochemicals in the rhizosphere soil of *Euphorbia himalayensis*. **Journal Agriculture Food Chemistry, Maryland**, v. 62, n. 34, p. 8555–8561, 2014.

LOPEZ-OVEJERO, R. F.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, N. C.; et al. Interferência e controle de milho voluntário tolerante ao glifosato na cultura da soja Ramiro. **Pesquisa. Agropecuaria Brasileira, Brasília**, v. 51, n. 4, p. 340–347, 2016.

LÓPEZ OVEJERO, R. F.; NOVO, M. C. S. S.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Crescimento e competitividade de biótipos de capim-colchão resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da acetil coenzima A

carboxilase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2007. Embrapa Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 6/2/2016.

MACHADO, A. B.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; et al. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 1, p. 41–48, 2015.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; et al. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 24, n. 4, p. 641–647, 2006.

MARTINS, D.; SANTANA, D. C.; SOUZA, G. S. F.; BAGATTA, M. V. B. Manejo químico de espécies de trapoeraba com aplicação isolada e em mistura de diferentes herbicidas. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 25, n. 2, p. 21–28, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>>. .

MELO, C. A. D.; GUIMARÃES, F. A. R.; GONCALVES, V. A.; et al. Acúmulo de macronutrientes por plantas daninhas e de milho cultivadas em convivência em solo com diferentes manejos de fertilidade. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n. 2, p. 669–682, 2015.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P.; RIBEIRO DIAS, J. M.; 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, n. 1, p. 131–137, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000100015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. .

MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas situação e perspectivas. **Bragantia, Campinas**, v. 64, n. 4, p. 517–531, 2005.

OWEN, M. D. K. North American developments in herbicide tolerant crops. **Proc. Brighton Crop Protect. Conf.**, v. 5, p. 955–963, 1997.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; et al. Potássio em cobertura no milho e

efeito residual na soja em sucessão. **Revista Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 3, p. 193–200, 2016.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenge**. Dordrecht: Springer, 2009.

PETTER, F. A.; SIMA, V. M.; FRAPORTI, M. B.; et al. Volunteer rr® corn management in roundup ready® soybean-corn succession system. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 1, p. 119–128, 2015.

PITELLI, R. A. O TERMO PLANTA-DANINHA. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 33, n. 3, p. 622–623, 2015.

PORTUGAL, J. M.; VIDAL, R. A. Níveis econômicos de prejuízos de plantas infestantes nas culturas agrícolas: conceitos, definições e formas de cálculo. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 27, n. 4, p. 869–877, 2009.

RADOSEVICH, R. S.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3^o ed. New York: Wiley, 2007.

RAJCAN, I.; SWANTON, C. J. Understanding maize ± weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, v. 71, n. 2, p. 139–150, 2001.

REINERT, C. S.; PRADO, A. B. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta comparativas entre os biótipos resistente e suscetível de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) ao herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 260, 2013. Disponível em: <<http://rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/223>>.

RIGOLI, R. P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C. E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha, Viçosa**, v. 26, n. 1, p. 93–100, 2008.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para controle de picão-preto em soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 21, n. 2, p.

273–282, 2003.

RUFINO, C. A.; TAVARES, L. C.; VIEIRA, J. F.; et al. desempenho de genótipos de milho submetidos a déficit hídrico no estágio vegetativo. **Magistra**, v. 24, n. 3, p. 217–225, 2011.

SALGADO, T. P.; SALLES, M. S.; MARTINS, J. V. F.; ALVES, P. L. C. A. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 3, p. 443–448, 2007.

SANGOI, L.; PICOLI JUNIOR, G. J.; VARGAS, V. P.; et al. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 35, n. 2, p. 671–682, 2014.

SANTOS, H. G.; ACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; et al. **EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3^o ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Embrapa Solos, 2018.

SANTOS, M. V.; VALADÃO SILVA, D.; FONSECA, D. M.; et al. Componentes produtivos do milho sob diferentes manejos de plantas daninhas e arranjos de plantio em sistema agrossilvipastoril. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 45, n. 9, p. 1545–1550, 2015.

SARAIVA, A. S.; ERASMO, E. A. L.; MATA, J. F.; et al. Densidade e Época de Semeadura de Duas Espécies de *Brachiaria* sobre a Cultura da Soja. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 31, n. 3, p. 569–576, 2013.

SBATELLA, G. M.; KNISS, A. R.; OMONDI, E. C.; WILSON, R. G. Volunteer corn (*Zea mays*) interference in dry edible bean (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Technology**, v. 30, n. 4, p. 937–942, 2016.

SCHOLTEN, R.; PARREIRA, M. C.; ALVES, P. L. C. A. Período anterior à interferência das plantas daninhas para a cultivar de feijoeiro ‘ Rubi ’ em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy, Maringá**, v. 33, n. 2, p. 313–320, 2011.

SEAB. **Produção agrícola**. Disponível em: <www.seab.pr.gov.br>. Acesso em:

9/1/2019.

SETIYONO, T. D.; WALTERS, D. T.; CASSMAN, K. G.; WITT, C.; DOBERMANN, A. Estimating maize nutrient uptake requirements. **Field Crops Research**, v. 118, n. 2, p. 158–168, 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.05.006>>. .

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I – implicações sobre a cultura do milho (*zea mays*). **Planta Daninha, Viçosa**, v. 23, n. 4, p. 589–596, 2005.

SILVA, D. R. . O.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; LANGARO, A. C.; DUARTE, T. V. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a Glyphosate. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 32, n. 3, p. 579–589, 2014.

SILVA, D. V.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, G. S.; et al. Crescimento e rendimento do milho sob interferência da tiririca. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n. 5, p. 3077–3084, 2015.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - cultivar iac 202. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 24, n. 4, p. 685–694, 2006.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; XAVIER, E.; et al. Resistência ao glyphosate em biótipos de buva (*Conyza* spp.) das regiões Oeste e Sudoeste do Paraná. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 29, n. Número Especial, p. 1113–1120, 2011.

TURSUN, N.; DATTA, A.; SAKINMAZ, M. S.; et al. The critical period for weed control in three corn (*Zea mays* L.) types. **Crop Protection. Guildford**, v. 90, p. 59–65, 2016.

USDA. **World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0719.pdf>>. Acesso em: 9/1/2019.

VAN DER MEULEN, A.; CHAUHAN, B. S. A review of weed management in wheat

using crop competition. **Crop Protection**, v. 95, p. 38–44, 2016.

VARGAS, L.; MORAES, R. M. A.; BERTO, C. M. Herança da resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glyphosate. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 25, n. 3, p. 567–571, 2007. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000300016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 11/12/2015.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A.; SILVA, V. C. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 23, n. 1, p. 153–160, 2005. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.

VASCONCELOS, C. A.; ALVES, V. M. C.; FILHO, I. A. P.; EXCEL PITTA, G. V. **Nutrição e Adubação do Milho Visando Obtenção do Minimilho**. Sete Lagoas, MG, 2001.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 2012.

VAZIN, F. The effects of pigweed redroot (*Amaranthus retroflexus*) weed competition and its economic thresholds in corn (*Zea mays*). **Planta Daninha, Viçosa**, v. 30, n. 3, p. 477–485, 2012.

VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; MEROTTO JR., A. Período anterior ao dano no rendimento econômico (PADRE): nova abordagem sobre os períodos de interferência entre plantas daninhas e cultivadas. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 23, n. 3, p. 387–396, 2005.

VIDAL, R. A.; KALSING, A.; GHEREKHLOO, J. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 40, n. 8, p. 1675–1681, 2010.

VIDAL, R. A.; SPADER, V.; FLECK, N. G.; MEROTTO JR., A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 22, n. 1, p. 63–69, 2004.

VON PINHO, E. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 157–174, 2009.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 17, n. 2, p. 170–179, 2013.

WALSH, C. G.; MAESTRO, M. Evaluation of intraguild interactions between two species of insect herbivores on *Pistia stratiotes*. **Biological Control, Orlando**, v. 76, p. 74–78, 2014.

WINKLER, L. M.; VIDAL, R. A.; NETO, J. F. B. Caracterização genética de *Euphorbia heterophylla* resistente a herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1067–1072, 2003.

XAVIER, D. A.; FURTADO, G. D. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; SOUSA, J. R. M. .; ANDRADE, E. M. G. Produção de fitomassa do milho sob lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 144–148, 2014.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARAES, S. C. Resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 189–215, 2013.

ŽALUD, Z.; HLAVINKA, P.; PROKEŠ, K.; SEMERÁDOVÁ, D.; JAN, B.; TRNKA, M. Impacts of water availability and drought on maize yield – A comparison of 16 indicators. **Agricultural water management**, v. 188, p. 126–135, 2017.

ZOBIOLE, L. H. S.; KRENCHINSKI, F. .; ALBRECHT, A. J. P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C.; DA SILVA RUBIN, R. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 157–164, 2016.

ZWART, S. J.; BASTIAANSEN, W. G. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. **Agricultural Water Management**, v. 69, n. 2, p. 115–133, 2004.