Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Levantamento, dose resposta e manejo de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) com potencial de resistência múltipla a herbicidas inibidores da EPSPs e ACCase

Thiago de Oliveira

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

Thiago de Oliveira
Engenheiro Agrônomo

Levantamento, dose resposta e manejo de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) com potencial de resistência múltipla a herbicidas inibidores da EPSPs e ACCase

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Oliveira, Thiago de

Levantamento, dose resposta e manejo de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) com potencial de resistência múltipla a herbicidas inibidores da EPSP'S e ACCase / Thiago de Oliveira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2020.

70 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Resistência 2. Herbicidas 3. *Digitaria insularis* 4. Glyphosate 5. ACCase I. Título

Aos meus pais, Laércio e Maria José

A minha querida esposa Ana Paula e filha Maria Eduarda

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Luiz Vicente de Souza Queiroz, sem sua obra nada disso seria possível.

Ao Departamento de Produção Vegetal, a gloriosa Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e a Universidade de São Paulo.

Ao Professor Doutor Pedro Jacob Christoffoleti pela inspiração, amizade, orientação e confiança, as nossas conversas e seus ensinamentos na ciência das plantas daninhas.

Em especial ao Dr. Marcel Melo pelo suporte e Co orientação no projeto.

Aos amigos que me motivaram para a paixão pelas plantas daninhas e herbicidas, Marcelo Francisco Coelho, Dr. Geraldo Dario, Marcio Adoryan, José Ribeiro, Paulo Forti, Bernard Jacqmin, Dr. Klaus Trabold, Dr. Erwin Hacker, Dr. Harry Streck, Herve Tossens, Dr. Marcelo Nicolai, Brito Neto e Marco Fujino.

Aos amigos Diego Fiuza, Pietro Sica e Yuri Avancini pelo suporte nos experimentos.

Agradeço a Bayer CropScience e a Agrocon, que me suportou nesta jornada.

Em especial a República K-labouço, a todos moradores e ex-moradores, pelos grandes momentos de descontração e união, república “A escola da vida”.

SUMÁRIO

RESUMO 6
ABSTRACT 7
INTRODUÇÃO 9
Referências 14
1. MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA DE CAPIM-AMARGOSO RESISTENTE AOS HERBICIDAS GLYPHOSATE E INIBIDORES DA ACCASE 19
Resumo 19
Abstract 19
1.1. Introdução 20
1.2. Material e Métodos 21
1.3. Resultados e Discussão 28
1.4. Conclusão 39
Referências 40
2. CURVAS DE DOSES RESPOSTAS PARA COMPROVACAO DA RESISTENCIA MULTIPLA ENTRE GLYPHOSATE E INIBIDORES DA ACCASE EM *DIGITARIA INSULARIS.* 43
Resumo 43
Abstract 43
2.1. Introdução 43
2.2. Material e Métodos 45
2.3. Resultado e Discussão 50
2.4. Conclusão 58
Referências 58
3. GLUFOSINATO - SAL DE AMÔNIO COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) RESISTENTE AO HERBICIDA GLYPHOSATE E A INIBIDORES DE ACCASE 61
Resumo 61
Abstract 61
3.1. Introdução 62
3.2. Material e Métodos 63
3.3. Resultado e Discussão 65
3.4. Conclusão 68
Referências 69

RESUMO

Levantamento, dose resposta e manejo de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) com potencial resistência múltipla a herbicidas inibidores da EPSPs e ACCase

A planta daninha *Digitaria insularis* passou a ser relevante em áreas de produção de soja, milho e algodão, principalmente após ser selecionada com resistência ao herbicida glyphosate, devido a frequente utilização deste herbicida, sejam em aplicações de dessecação na pré semeadura, bem como no manejo em pós emergência das culturas tolerantes a glyphosate. Como alternativa de manejo, passou se a utilizar largamente os herbicidas graminicidas, inibidores da ACCase. Assim, iniciou se pressão de biótipos resistentes aos inibidores da ACCase, principalmente aos herbicidas do grupo químico dos Ariloxifenoxipropionatos, “FOP`s”, porém ainda não sendo verificada resistência aos herbicidas do grupo químico dos ciclohexanodionas, “Dims”. Assim, o presente trabalho iniciou se com o objetivo realizar um monitoramento das regiões dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul visando a identificação de biótipos resistentes aos inibidores da ACCase, buscando identificar a possível resistência múltipla da *Digitaria insularis* com o glyphosate. Em seguida foram elaboradas curvas dose respostas com glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim, para depois testar a herdabilidade nas gerações F1, F2 e F3 de potenciais casos de resistência múltipla a glyphosate e inibidores da ACCase, além de avaliar o herbicida glufosinato - sal de amônio em diferentes estádio de desenvolvimento vegetativo para manejo alternativo da *Digitaria insularis* resistentes a glyphosate e inibidores ACCase. Conclui-se que dos treze biótipos avaliados, doze biótopos foram comprovados como resistentes a glyphosate, e apenas um Biótipo , 32F1 proveniente do município de Diamantino, estado do Mato Grosso apresentou resistência múltipla aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop e haloxyfop, e para o controle da *Digitaria insularis* utilizando glufosinato - sal de amônio no estádio de desenvolvimento pós inicial, tratamentos acima de 200 g i.a.ha^{-1} apresentaram eficácia satisfatória, estádio de desenvolvimento pós mediano, doses acima de 400 g i.a.ha^{-1} foram eficientes e em estádios pós tardio na dose de 400 g i.a.ha^{-1} apresentou eficácia considerando a IC80, e para se ter alta eficiência aplicações acima de 800 g i.a.ha^{-1} foi necessária.

Palavras-chave: Planta daninha, Herbicidas, Fenoxaprop, Haloxyfop, Glyphosate

ABSTRACT

Survey, dose response and management of capim amargoso biotypes (*Digitaria insularis*) with potential multiple resistance of EPSPs and ACCase inhibitors

Digitaria insularis weed has become relevant in soybean, corn and cotton production areas, mainly after to become glyphosate resistant, due the frequently herbicide application, usage in pre planting desiccation as well in weed management post emergence application in tolerant crops. As weed management alternative has been increasing grasses herbicide, ACCase inhibitors. Then, started resistance biotype pression of ACCase inhibitors, mainly to Ariloxifenoxipropionatos, “FOP`s” herbicide chemical group, but not yet observed resistant biotypes of ciclohexanodionas “Dims” chemical group herbicides. Thus, the present study began with the objective of monitoring the regions of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul state, aiming at the identification resistant biotypes to ACCase inhibitors, seeking to identify the possible case of *Digitaria insularis* multiple resistance with glyphosate. In the sequence were elaborated dose-response with glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop and clethodim, for later on to test also the heapability in next generations F1, F2 and F3 of potentials multiple resistant cases with glyphosate and ACCase inhibitors, besides to evaluation ammonium glufosinate herbicide to control glyphosate and ACCase inhibitors *Digitaria insularis* resistant in different growth stages. Conclude that from thirteen biotypes assessed, twelve biotypes were proved that are glyphosate resistant, just one biotype, 32F1 from Diamantino, Mato Grosso state showed multiple resistant of glyphosate, fenoxaprop and haloxyfop, and to control *Digitaria insularis* using ammonium glufosinate in early post application, dose above 200 g i.a.ha^{-1} were efficient, in mid post application, doses above of 400 g i.a.ha^{-1} showed efficacy and in late post application doses above of de 400 g i.a.ha^{-1} showed efficacy considering LD80 and to find a high efficacy application above of 800 g i.a.ha^{-1} needed.

Keywords: Weed, Herbicides, Fenoxaprop, Haloxyfop, Glyphosate

INTRODUÇÃO

A infestação de plantas daninhas nas áreas agrícola é um dos fatores mais significativos da redução do potencial produtivo das culturas agrícolas, através de efeitos diretos e indiretos. A interferência, através da competição e da alelopatia, causam diminuição no rendimento da cultura e consequentemente menores ganhos. Além destas plantas servirem como hospedeiras para pragas e doenças e trazerem complicações na hora da colheita.

O largo uso de herbicidas deve-se, principalmente, ao fato de que o controle químico tem sido eficiente, possui custo atrativo, está prontamente disponível e é profissionalmente desenvolvido. Uma das consequências da aplicação indiscriminada desse método tem sido o desenvolvimento de muitos casos de resistência a tais compostos por diversas espécies daninhas (SILVA et al., 2007).

A resistência de biótipos de plantas daninhas aos herbicidas ocorre como consequência do uso repetido do mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, sempre associado a monoculturas. É necessário, portanto, modificar essas práticas de modo a prevenir ou retardar o estabelecimento da resistência em alguns biótipos de plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI, VICTORIA FILHO e SILVA, 1994).

O glyphosate é sem dúvida o herbicida de maior preocupação na atualidade, apesar de não ser o herbicida que mais facilmente seleciona resistência, importante considerar que baixo risco combinado com uso intensivo pode resultar em alto risco potencial, sendo isto o que vem ocorrendo com o herbicida glyphosate, ou seja, apesar do baixo potencial de seleção de populações resistentes, seu uso intensivo tem tornado o caso mais preocupante na atualidade (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

O capim-amargoso de nome científico *Digitaria insularis* (L.) Fedde é uma espécie perene, herbácea, entouceirada, ereta, rizomatosa, de colmos estriados, com 50 a 100 cm de altura e altamente competitiva, apresenta em suas sementes estruturas especializadas de disseminação pelo vento, sendo assim, é uma planta que atualmente ocorre em todo o Brasil, possibilitando assim a disseminação dos biótipos resistentes (LORENZI, 2008; KISSMANN; GROTH, 1997).

A *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate está disseminada em maior parte das regiões agrícolas do Brasil (LOPEZ-OVEJERO et al., 2017), o que torna primordial os estudos de manejo destas espécies com diferentes métodos de controle ou outros herbicidas.

O controle químico de *Digitaria insularis* não é eficaz quando a planta está entouceirada, com os rizomas já formados (MACHADO et al., 2006), situação que normalmente ocorre na operação de manejo, na dessecação em pré-semeadura da cultura da soja.

Vários autores já constataram a eficácia dos herbicidas inibidores da ACCase sobre o controle de *Digitaria insularis* (ADEGAS et al., 2010; MELO et al., 2012; BARROSO, et al., 2014), todavia algumas populações foram identificadas com resistência a este mecanismo de ação (HEAP, 2019), o que torna necessário desenvolvimento de pesquisas com outros herbicidas, visando controlar esta espécie.

Os mecanismos que conferem resistência ao capim-amargoso podem estar relacionados à mais lenta absorção de glyphosate por plantas do biótipo resistente, assim como com a mais rápida metabolização do glyphosate em AMPA, glioxilato e sarcosina. Além disso, a translocação é muito menor em plantas do biótipo resistente em relação ao susceptível, mesmo em plantas novas, com 3 a 4 folhas (CARVALHO et al., 2011).

A resistência de plantas daninhas a um herbicida foi definida pela Sociedade Americana de ciência de plantas daninhas, (WSSA, 1998), como a habilidade hereditária de uma planta daninha sobreviver e se reproduzir após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da mesma espécie.

Para confirmação de um caso de resistência deve-se simular, o mais próximo possível, as condições normais de aplicação no campo em um ambiente controlado (câmara de crescimento, casa-de-vegetação, etc.) (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

A recomendação é o procedimento de curvas de dose resposta (RYAN, 1970; CHRISTOFFOLETI, 2002; NIELSEN et al., 2004), para se determinar a dose que promove 50% de controle (IC50 ou DL50) ou de redução de massa (GR50) de biótipos resistentes e suscetíveis (CHRISTOFFOLETI, 2002; BURGOS et al., 2013).

Por se tratar de modelos logarítmicos, recomenda-se que exista proporção geométrica entre as doses, pois isto proporciona a equidistância destas quando projetadas no eixo x. Esta medida não é uma regra, porém sua aplicação geralmente resulta em resultados satisfatórios. Para plantas daninhas com susceptibilidade mediana aos herbicidas, tem se utilizado doses múltiplas de 2, por exemplo: 0D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D, 4D e 8D; em que D é a dose recomendada do herbicida. Para plantas daninhas mais sensíveis, principalmente para as condições de sub-dose, pode-se utilizar múltiplos de 4 ou 10 (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

O fator de resistência (FR) é calculado pelo quociente entre o IC50 do biótipo resistente e o IC50 do biótipo suscetível, e expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% da população resistente é superior à dose que controla 50% da população suscetível (HALL et al., 1998; CHRISTOFFOLETI, 2002). A resistência é confirmada quando FR > 1,0 (SAARI et al., 1994).

A resistência cruzada pode ser conferida a um biótipo por qualquer dos mecanismos que conferem resistência, a resistência cruzada conferida pelo local de ação ocorre quando uma mudança bioquímica, no ponto de ação de um herbicida, também confere resistência a outras moléculas de diferentes grupos químicos, que agem no mesmo local na planta (POWLES & PRESTON, 1998).

A resistência múltipla caracteriza um problema complexo e de difícil solução. Nos casos mais simples, dois ou mais mecanismos conferem resistência a apenas um herbicida ou a um grupo de herbicidas. Os casos mais complexos são aqueles em que dois ou mais mecanismos conferem resistência a diversos herbicidas de diferentes grupos químicos; um exemplo são os biótipos de *Alopecurus myosuroides* encontrados na Austrália, que resistem a 15 herbicidas diferentes, dentre eles o diclofop, pendimethalin e simazine.

Além disso, as dificuldades de controle dos biótipos resistentes aumentam ainda mais quando os mecanismos que conferem resistência estão relacionados ao local de ação e a outros mecanismos, como metabolismo. Para controlar estas plantas daninhas, é necessário empregar misturas de herbicidas que não tenham sua atividade afetada pelos mecanismos de resistência em questão. (POWLES & PRESTON, 1998).

O mecanismo de resistência de plantas daninhas pode ocorrer principalmente de cinco formas, alteração no sitio de ação do herbicida, amplificação genica,

metabolização ou desintoxicação do herbicida, absorção foliar e/ou translocação diferencial do herbicida e sequestro ou compartimentação do herbicida (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

Na Austrália casos de resistência múltipla estão cada vez mais frequente, em 1992 foi detectado um caso de *Lolium rigidum* resistente a sete mecanismos de ação, inibidores da ALS, ACCase, Mitose, Microtúbulos, ácidos graxos de cadeia longa, lipídeos e síntese de carotenoides. (HEAP, 2019).

Em 2011 no estado de Iowa, Estados Unidos da América do Norte, foi identificado uma população de *Amaranthus tuberculatus* resistente a quatro mecanismos de ação, inibidores da ALS, fotossistema II (PSII), HPPD e EPSPs, herbicidas testados em curvas de dose respostas com atrazina, chlorimuron-ethyl, glyphosate, imazamethabenz-methyl, isoxaflutole, mesotrione e thifensulfuron-methyl. Os mesmos resultados foram obtidos em 2016, no estado de Illinois, com resistência a cinco mecanismos de ação, inibidores da ALS, PS2, HPPD, PPO e Auxinas (HEAP, 2019).

O primeiro caso de resistência múltipla de plantas daninhas a herbicidas ocorreu no Brasil, no estado do Paraná, em 2006, quando foi reportado o caso da *Euphorbia heterophylla* resistente a inibidores da ALS e PROTOX, quando foram testados os herbicidas imazetaphyr e fomesafen, utilizando curvas de doses respostas, comprovando assim a resistência múltipla da espécie (TREZZI et al, 2006).

Em 2010, um biótipo de *Eleusine indica* foi identificado na Malásia com resistência múltipla ao paraquat e glufosinato sal de amônio (TSE-SANG et al., 2010). De acordo com os autores, a utilização repetitiva desses dois herbicidas vem acontecendo, tanto em combinação quanto isoladamente, pelo menos seis vezes ao ano desde 2006.

No Brasil em 2016 foi reportado um caso de resistência múltipla de *Amaranthus palmeri* a herbicidas inibidores da EPSP e ALS, as plantas apresentaram baixa suscetibilidade aos herbicidas, de modo que concluiu tratar-se de um caso de resistência múltipla aos inibidores da EPSPs e ALS. Ainda, considerando somente os inibidores da ALS, conclui-se que o biótipo possui resistência cruzada às sulfonilureias - triazolopirimidinas imidazolinonas, sendo que a IC80 para glyphosate não foi determinada, devido ao alto nível de resistência,

porem conclui-se que doses superiores a 11.520,00 g i.a. ha^{-1}, e para chlorimuron a IC80 foi acima de 320 g i.a. ha^{-1}. (GONCALVES NETTO et al, 2016).

Já em 2017, a planta daninha *Conyza sumatrensis* foi identificada como resistente a três mecanismos de ação de herbicidas, inibidores da ALS, PSI e EPSP, e o que chamou a atenção neste caso foi a resistência ao herbicida paraquat, amplamente utilizado em dessecação. (HEAP, 2019).

O glyphosate é responsável pelo bloqueio da produção da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) (EC 2.5.1.19), que catalisa a síntese de três aminoácidos aromáticos (fenilalamina, triptofano e tirosina), fundamentais para o desenvolvimento das plantas. Foi descoberto em 1950, porém somente em 1971 o glyphosate começou a ser amplamente usado como herbicida (LUCHINI, 2009)

Segundo Boudet et al. (1985), esta rota metabólica pode ser responsável por cerca de 20% de todo o fluxo de carbono, e 35% de todos os compostos fenólicos produzidos na planta. A inibição da EPSPs resulta no acúmulo de ácido chiquímico nas plantas, e na redução da biossíntese de aminoácidos aromáticos, como triptofano, tirosina e fenilalanina, fundamentais na alocação do carbono nas plantas, além de interferir na produção de flavonas, isoflavonas, antocianinas, taninos condensados, ligninas e outros compostos fundamentais para o desenvolvimento vegetal (AMRHEIN ET AL., 1980; TAIZ & ZEIGER, 2009).

A EPSPs, segundo Velini et al. (2012), possui elevado nível de conservação entre espécies vegetais, ou seja, ela está presente em grande parte dos vegetais de uma forma pouco mutada nas regiões em que o herbicida atua, característica esta que confere ao glyphosate amplo espectro de ação sobre os vegetais e pouca seletividade.

Já os herbicidas que compõem os inibidores de ACCase estão presentes basicamente em dois grupos: Ariloxifenoxipropionatos (APPs), introduzidos na década de 70, também conhecidos como “fops”, e os pertencentes ao grupo das Ciclohexanodionas (CHDs) introduzidos na década de 80, também conhecidos como “dims”, além destes dois grupos existe um terceiro grupo denominado fenilpirzolinas (PPZ), tendo como único ingrediente ativo registrado o pinoxaden, que foi introduzido no mercado em 2006 (OVEJERO et. al., 2016)

Os herbicidas inibidores da ACCase bloqueiam a biossíntese de ácidos graxos, impossibilitando a formação de lipídeos e metabólitos secundários nas plantas suscetíveis. Como resultado, a integridade da membrana celular é afetada, acarretando no extravasamento de metabólitos intracelulares, e morte celular (DÉLYE, 2005a; KAUNDUN, 2014).

O início se dá quando os herbicidas são absorvidos pelas folhas e transcolados para os pontos de crescimento (tecidos meristemáticos) através do floema, onde exercem sua função inibindo a atividade meristemática e restringindo o crescimento de novas folhas (KUKORELLI et al., 2013).

Para ocorrer a síntese de lipídios, a enzima Acetil-Coenzima A carboxilase (ACCase) tem o papel de acelerar a carboxilação da Acetil coenzima A (acetil-Coa) em malonil coenzima A (malonil-Coa), portanto quando o herbicida atua nessa enzima a produção de lipídeos fica comprometida, afetando a estrutura das membranas, o que leva ao extravasamento de metabolitos e assim a morte das plantas. A primeira reação ocorre para a produção de lipídeos e é o acetato mais piruvato que gera Acetil-Coa, posteriormente a acetil-Coa é convertida em malonil-Coa através de adição de um CO2 e da ação da ACCase, que é uma enzima específica que realiza o catabolismo desta conversão. (ROMAN, et. Al. 2007).

Diante disso os objetivos desse estudo foram (i) mapear a planta daninha *Digitaria insularis* (capim amargoso) ao herbicida glyphosate e inibidores da ACCase, (ii) avaliação da dose resposta dos herbicidas inibidores da EPSPS e ACCase para confirmação da resistência múltipla da *Digitaria insularis* a esses herbicidas e (iii) avaliação do herbicida glufosinato-sal de amônio como alternativa de controle da *Digitaria insularis* em diferentes estádios fenológicos.

Referências

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Alternativas de controle químico de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 27., 2010, Ribeirão Preto. Responsabilidade social e ambiental no manejo de plantas daninhas. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 756-760. 1 CD-ROM.

A. GONÇALVES NETTO; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J; S.J.P. CARVALHO; E.A. BORGATO, Resistência Múltipla de *Amaranthus palmeri* aos Herbicidas Inibidores da ALS e EPSPS no Estado do Mato Grosso, Brasil. In: **Planta daninha** vol. 34 no.3 Viçosa Julho/Set. 2016.

AMRHEIN, N.; DEUS, B.; GEHRKE, P.; STEINRUCKEN, H.C. The site of inhibition of the shikimate pathway by glyphosate, II: interference of glyphosate with chorismate formation in vivo and in vitro. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 66, p. 830-834, 1980.

BALESTREIRE L.A., & BAIO, F.H.R. Avaliação de uma metodologia prática para mapeamento de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 5(2), pg. 349 – 352, 2001.

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**, v. 32, n. 3, p. 619-627, 2014.

BOUDET, A.M.; GRAZIANA, A.; RANJEVA, R. Recent advances in the regulation of the prearomatic pathway. In: VAN SUMERE, C.F.; LEA, P J. (Ed.). **Biochemistry of plant phenolics.** Oxford: Claredon Press, 1985. p. 135-159.

BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F. **Biologia de Plantas Daninhas. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, pg. 1 – 36, 2011.

BURGOS, N.R.; TRANEL, P.J.; STREIBIG, J.C.; DAVIS, V.M.; SHANER, D.; NORSWORTHY, J.K. e RITZ, C. Review: confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance. **Weed Science**, v.61, n.1, p.4-20, 2013.

CARVALHO, L.B. et al. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v.59, n.2, p.171-176, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas**. Planta Daninha**, 12:1, p.30-20, 1994.

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. e LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. p. 3-30.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO R. F.; BORGATO E. A.; GONÇALVES NETTO, A.; MELO, M. S. C. Resistência das plantas daninhas a herbicida: termos e definições importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p. 11-31.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGATO E. A.; NETTO, A. G.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M. Resistência das plantas daninhas a herbicida: termos e definições importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p. 33-39.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2008. p. 3-30.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. Resistencia MULTIPLA E CRUZADA. In: **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4. Ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. p.43-58.

DÉLYE, C. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxilase inhibitors: an update. **Weed Science**. Champaign, v. 53, p. 728746, 2005.

GONÇALVES NETTO, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; BORGATO, E.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistencia múltipla de *Amaranthus palmeri* aos herbicidas inibidores da ALS e EPSPs no Estado do Mato Grosso, Brasil. In: **Planta Daninha**,v.34, n.3, p.581-587, 2016.

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

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 27 de julho, 2019.

KAUNDUN, S. Resistance to acetyl-CoA carboxylase-inhibiting herbicides. **Pest Management Science.** West Sussex, v. 70, p. 1405-1417, 2014.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 2. ed., Tomo I, 1997, 825p.

KUKORELLI, G., REISINGER, P., PINKE, G. ACCase inhibitor herbicides – selectivity, weed resistance and fitness cost: a review. **International Journal of Pest Management**. Washington, v. 59, p. 165-173, 2013.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. p. 495.

LUCHINI, L. C. Considerações sobre algumas propriedades físico-químicos do glyphosate. In: VELINI, E. D.; MESCHDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. P 21-30.

MACHADO, A. F. L. et al. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.

MELO, M.S.C.; ROSA, L.E.; BRUNHARO, 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.

NIELSEN, O.K.; RITZ, C. e STREIBIG, J.C. Nonlinear mixed-model regression to analyze herbicide dose–response relationships. **Weed Technology**, v.18, p.30-37, 2004.

OVEJERO, R.L.F.; BELCHIOR, G. G.; MAYMONE, G. P.L. Resistencia de Plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase (grupo A). In: CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016 cap. 5, 77.98.

OVEJERO, R.L.F.; TAKANO, H.K.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M.S.C.; CAVENAGHI, A.L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OLIVEIRA JR., R.S. Frequency and Dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, v. 65, n. 2, p. 285-294, 2017.

POWLES, S. B.; PRESTON, C. **Herbicide cross resistance and multiple resistance in plants**. Disponível em: http://hracglobal.com/files/Herbicide-Cross-Resistance-and-Multiple-Resistance-in-Plants.pdf, 1998 – acesso em 14.09.2019.

ROMAN, E.D. et al. **Como funcionam os herbicidas: da Biologia a aplicação**. Passo Fundo: BERTHIER, 2007, p. 59-67.

RYAN, G. F. Resistance of commom groundsel to simazine and atrazine. **Weed Science**, v.18, p.614-620, 1970.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C. e THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. Herbicide resistance in plants: **Biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. 353 p.

SILVA, A.A.; FERREIRA, A.F; FERREIRA, L.R.; SANTOS J.B. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, p. 1-62, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.;KRUSE, N.D.; NUNES, A.L. BIOENSAIOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE BIÓTIPOS DE Euphorbia heterophylla COM RESISTÊNCIA MÚLTIPLA A INIBIDORES DA ALS E DA PROTOX. IN: **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 3, p. 563-571, 2006.

TSE SENG, C.; VAN LUN, L.; THYE SAN, C.; BIN SAHID, I. Initial report f glufosinate and paraquat multiple resistance that evolved in a biotype of goosegrass (*Eleusine indica*) in Malaysia. In: **Weed Biology and Management**. V. 10, p. 229-233, 2010.

VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B.; GOMES, G.L.G.C.; MESCHEDE, D.K.; DUKE, S.O. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D.; CARBONARI, C.A.; MESCHEDE, D.K.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate**: uso sustentável. Botucatu: FEPAF, 2012. p. 39-66.

VICTORIA FILHO, R. & CHRISTOFFOLETI, P.J.; Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão agrícola**, pg. 32 - 37, 2004.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Resistance and tolerance definitions. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, p. 789, 1998.

1. MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA DE CAPIM-AMARGOSO RESISTENTE AOS HERBICIDAS GLYPHOSATE E INIBIDORES DA ACCASE.

Resumo

A ocorrência de plantas daninhas resistentes a herbicidas vem aumentando ano a ano, dentro delas uma em especial que vem se demonstrando como desafiador ao produtor é a *Digitaria insularis,* biótipos que hoje já se encontra em diferentes estados brasileiros com resistentes ao glyphosate, bem como inicia-se o surgimento de biótipos resistentes aos herbicidas inibidores de ACCase. Assim é fundamental mapear e monitorar casos de resistência, mais precisamente potenciais casos de resistência cruzada e resistência múltipla ao glyphosate e inibidores da ACCase. O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento das populações de capim-amargoso de áreas onde observou-se falhas de controle pelo produtor, bem como escapes após aplicações de glyphosate e herbicidas inibidores da ACCase. Amostras dos municípios de Diamantino, Sapezal, Sinop, Nova Ubiratã, estado do Mato Grosso, e amostras dos municípios de Itaporã, Maracajú, Vicentina e Ponta Porã, estado do Mato Grosso do Sul foram coletadas, e experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, através de curvas de dose resposta, dos herbicidas glyphosate, haloxyfop, fenoxaprop e clethodim. Conclui-se que dos treze biótipos avaliados das oito microrregiões analisadas, 10 biótipos foram comprovados como resistentes a glyphosate, e apenas 1 biótipo apresentou potencial resistência múltipla a glyphosate e inibidores da ACCase, representado pelos herbicidas Fenoxaprop e Haloxyfop.

Palavras-chave: Planta daninha; Monitoramento; Glyphosate; Dose-resposta.

Abstract

RESISTANCE MAPPING OF SOURGRASS RESISTANT TO GLYPHOSATE AND ACCASE INHIBITORS HERBICIDES.

The occurrence of resistant weed has increasing year by year, one of then that has been proving challenging to the farmer, the *Digitaria insularis*, biotypes that is spreaded in different Brazilian states with glyphosate resistance, as well become to appear biotypes resistant to ACCase inhibitors herbicides. Thus, is fundamental to map and monitoring resistant cases, more precisely potential cases of cross-resistance and multiple of glyphosate resistance and ACCase inhibitors. The objective of this study was to conduct a survey of sourgrass populations in areas where was observed failures control as well escapes after glyphosate and ACCase herbicide application. Samples from Diamantino, Sapezal, Sinop, Nova Ubiratã, Mato Grosso state and from Itaporã, Maracajú, Vicentina and Ponta Porã, Mato Grosso do Sul state were collected, trials were conducted in green house through herbicide dose-response, glyphosate, haloxyfop, fenoxaprop e clethodim. Conclude that from thirteen biotypes assessed, ten biotypes were proved that are glyphosate resistant, just one biotype showed potential multiple resistant of glyphosate and ACCase inhibitors represented by fenoxaprop and haloxyfop herbicides.

Keywords: Weed; Monitoring; Glyphosate; Dose-response.

1.1. Introdução

O manejo de plantas daninhas por meio da aplicação de herbicidas é uma prática frequente e constante em áreas agrícolas, devido a sua alta eficácia. Contudo, agricultores nem sempre utilizam esta ferramenta da forma mais adequada, por exemplo, aliando-se a outros métodos de controle, ou utilizando moléculas com diferentes mecanismos de ação, o que resultaria em um manejo integrado das plantas daninhas.

O glyphosate é um dos herbicidas mais usados em áreas de plantio direto, principalmente em áreas de soja, milho e algodão, bem como em pomares, por ser um herbicida não seletivo, de amplo espectro de controle, tanto para gramíneas e folhas largas, assim, o seu uso vem aumentando a cada ano. Após também o surgimento de culturas geneticamente modificadas a este herbicida, que traz vantagem de permitir aplicações em pós emergência da cultura, e das plantas daninhas, aumentando a área, e o número de aplicações.

Todavia, essa intensa utilização causa uma grande pressão de seleção nas populações de plantas daninhas, podendo selecionar (“evoluir”) biótipos resistentes à molécula herbicida, sendo assim o uso intensivo de glyphosate apresenta alto risco potencial do surgimento de plantas daninhas resistente a esse herbicida. (CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

No entanto, "evolução da resistência" não significa que um herbicida modifique geneticamente uma planta (isto é, causando mutações). Em vez disso, o herbicida seleciona plantas com algum nível de resistência genética natural a esse mecanismo de ação (VENCILL et al., 2012).

Digitaria insularis é uma espécie de planta daninha que pode se perenizar produzindo touceiras com rizomas pouco desenvolvidos e apresenta uma dispersão de sementes às longas distâncias através do vento. Pode ser encontrada em altas infestações em solos pouco perturbados como em sistemas de plantio direto e grandes culturas como soja, milho e algodão, onde o herbicida glyphosate é utilizado.

Grandes áreas agrícolas do Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso vêm sendo altamente afetadas pela presença e seleção de biótipos de *Digitaria insularis* resistentes a glyphosate, principalmente em áreas de rotação de soja e milho tolerantes a este herbicida.

Com essa pressão de seleção bem como alta infestação, os produtores vêm aumentando drasticamente o uso de herbicidas graminicídas inibidores da ACCase (Acetyl CoaCarboxilase).

O uso efetivo de herbicidas inibidores da ACCase como fenoxaprop, haloxyfop e clethodim vem sendo usado tanto em dessecações pré-semeadura, como em pós emergência da cultura da soja, e muitas vezes também em dessecação pré-semeadura do milho.

Como a pressão de seleção de espécies de plantas daninhas aos herbicidas vem se destacando, o surgimento de biótipos resistentes a este mecanismo de ação já é realidade, a microrregião do estado do Mato Grosso do Sul já possui casos de resistência de *Digitaria insularis* a herbicidas inibidores da ACCase (HEAP, 2019).

Contudo, apesar da resistência já ter sido determinada, estudos sobre área de infestação por biótipos resistentes de *Digitaria insularis*, alternativas de controle para biótipos resistentes glyphosate, e ACCase, e estudo de resistência múltipla ao glyphosate e ACCase, ainda não foram amplamente estudados.

O mapeamento destas áreas é o primeiro passo para determinar a distribuição espacial destas plantas que apresentam resistência, e a partir disto determinar a melhor forma de utilizar o manejo integrado das mesmas.

A habilidade de se descrever e mapear a distribuição espacial das plantas daninhas é o primeiro passo para o estudo da variabilidade espacial das mesmas e da determinação da melhor metodologia para o manejo (BALASTEIRE & BAIO, 2001).

Com isso o objetivo principal deste estudo foi mapear escapes de plantas daninhas após aplicações de herbicidas inibidores da EPSPS e ACCase em áreas agrícolas do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso afim de identificar biótipos resistentes a esses herbicidas.

1.2. Material e Métodos

As amostras de sementes de *Digitaria insularis* foram coletadas nas regiões dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, em áreas com potenciais escapes identificados previamente sejam elas por suspeitas de biótipos resistentes ou falhas de controle.

As amostras das sementes foram coletadas de plantas individuais ou de rebrotes de plantas daninhas que sofreram aplicações de herbicidas a base de glyphosate e/ou inibidores de ACCase.

Nas figuras 1,2,3 e 4 são possíveis observar as plantas daninhas da espécie *Digitaria insularis* os quais foram identificados como escapes de aplicações dos herbicidas glyphosate e inibidores de ACCase em regiões agrícolas no Brasil, vale ressaltar que muitas vezes são plantas oriundas de má dessecação ou ainda de safra anteriores.

As figuras 1,2,3 e 4 representam as plantas daninhas no momento da coleta da semente, essas todas destacadas na tabela 1, identificando os locais de coletas das sementes de *Digitaria insularis* que foram estudadas dose-resposta neste trabalho.

Figura 1: *Digitaria insularis* escape, Diamantino - MT.

Figura 2: *Digitaria insularis* escape, Diamantino - MT.

Figura 3: Rebrote de *Digitaria insularis*, Sinop - MT.

Figura 4: *Digitaria insularis* escape, Sapezal - MT.

As sementes foram acondicionadas em sacos de papeis identificas e enviadas para câmara fria do laboratório de resistência de plantas daninhas da Bayer CropScience, localizada na estação agrícola experimental, Faz. São Francisco s/n, município de Paulínia, estado de São Paulo, onde foram arquivadas para posteriormente testadas em doses resposta com herbicidas.

Tabela 1: Lista de biótipos coletados nas regiões do Mato Grosso para estudos de dose resposta de herbicidas inibidores de EPSPs e ACCase.

Amostra	Município	Estado	Coordenadas	Data
25	Diamantino	MT	S 14°10'51" ; O 56°16'36"	14/11/2017
26	Diamantino	MT	S 12°35'54" ; O 55°34'42"	14/11/2017
29	Itaporã	MS	S 22°4'26" ; O 54°82'98"	21/11/2017
30	Maracajú	MS	S 21°39'16" ; O 55°19'17"	21/11/2017
38	Sapezal	MT	S 13°47'40" ; O 58°52'40"	18/11/2017
39	Sapezal	MT	S 13°56'40" ; O 58°52'20"	18/11/2017
40	Sinop	MT	S 11°52'2" ; O 55°38'58"	08/12/2017
41	Sapezal	MT	S 13°56'40" ; O 58°51'49"	10/12/2017
43	Nova Ubiratã	MT	S 12°53'56" ; O 55°32'53"	08/12/2017
44	Sapezal	MT	S 13°47'56" ; O 58°52'27"	18/11/2017
53	Vicentina	MS	S 22°24'8" ; O 54°27'37"	06/02/2018
54	Ponta Porã	MS	S 22°26'29" ; O 55°32'15"	06/02/2018
32 F1	Diamantino	MT	S 14°17'8" ; O 56° 28'48"	28/01/2018

Nos experimentos realizados foram utilizados os biótipos de capim-amargoso listados na Tabela 2, como padrões para comparação de resistência ao glyphosate e herbicidas inibidores da ACCase.

Tabela 2: Lista de biótipos de capim-amargoso padrões susceptíveis a glyphosate e padrões resistentes aos herbicida glyphosate e inibidores da ACCASE.

Amostra	Município	Estado	Data da coleta
01- Susceptível	Piracicaba	SP	01/12/2016
28 - Padrão Resistente a Glyphosate	Dourados	MS	21/11/2017
29 - Padrão Resistente a ACCase	Chapadão do Céu	MS	30/01/2016

Os experimentos de doses resposta foram conduzidos em uma única casa de vegetação, a temperatura média foi de 28 ºC, e umidade relativa de 60% +- (10%).

Os experimentos foram realizados em vasos de plástico de 0,8 L contendo substrato, com a presença de duas plantas da *Digitaria insularis*.

As sementes de *Digitaria insularis* foram primeiramente semeadas em bandejas de plástico utilizadas como “berçários”, após o desenvolvimento inicial das plântulas foram coletadas e transplantadas para os vasos para a condução do experimento, sendo transplantadas duas plantas por vaso.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições, e cada tratamento contendo um vaso com duas plantas.

As aplicações para o estudo de dose resposta foram realizadas no estádio vegetativo de dois a quatro perfilhos (pós-mediano) para determinar quais biótipos apresentam resistência ou uma possível diferença de suscetibilidade aos herbicidas glyphosate e inibidores da ACCase (fenoxaprop, haloxyfop e clethodim), conforme as tabelas 3, 4, 5 e 6.

Nas figuras 5 e 6 podemos observar os estádios fenológicos bem como as sanidades das plantas daninhas, momento ideal para aplicação dos tratamentos.

As pulverizações foram realizadas por meio câmara de aplicação com pressão constante, e pressurizado com CO_2, equipado com ponta de pulverização de jato leque Teejet TT 110.02 VP, com cobertura 0,5 m de faixa de aplicação. A pressão de trabalho foi de 23 lb pol ^{2}, o que gerou volume de aplicação proporcional a 200 L ha^{-1}.

Figura 5: Câmara de Aplicação no momento da aplicação.

Figura 6: Estádio Fenológicos *Digitaria insularis* no momento da aplicação.

Nas aplicações de curvas de dose-resposta foram aplicados sete tratamentos herbicidas e uma testemunha sem aplicação, sendo que a lista de tratamentos herbicidas completa está apresentada nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 3. Tratamentos herbicidas glyphosate utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		**Dose**	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c.** [1] **ha^{-1}**	**g e.a.**[2] **ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
	Curva de dose-resposta		
02. glyphosate	Roundup Original	0,25	120
03. glyphosate	Roundup Original	0,5	240
04. glyphosate	Roundup Original	1,0	480
05. glyphosate	Roundup Original	2,0	960
06. glyphosate	Roundup Original	4,0	1920
07. glyphosate	Roundup Original	8,0	3840
08. glyphosate	Roundup Original	16,0	7680

[1] Produto comercial; [2] Equivalente ácido.

Tabela 4. Tratamentos do herbicida fenoxaprop utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		**Dose**	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c.** [1] **ha^{-1}**	**g i.a.**[2] **ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
	Curva de dose-resposta		
02. fenoxaprop	Podium EW	0,125	13,75
03. fenoxaprop	Podium EW	0,25	27,5
04. fenoxaprop	Podium EW	0,5	55
05. fenoxaprop	Podium EW	1,0	110
06. fenoxaprop	Podium EW	2,0	220
07. fenoxaprop	Podium EW	4,0	440
08. fenoxaprop	Podium EW	8,0	880

[1] Produto comercial; [2] grama de ingrediente ativo

Tabela 5. Tratamentos dos herbicidas haloxyfop utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		Dose	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c. [1] ha^{-1}**	**g i.a.[2] ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
	Curva de dose-resposta		
02. haloxyfop*	Verdict® R	0,0625	7,80
03. haloxyfop*	Verdict® R	0,125	15,60
04. haloxyfop*	Verdict® R	0,25	31,20
05. haloxyfop*	Verdict® R	0,5	62,40
06. haloxyfop*	Verdict® R	1,0	124,80
07. haloxyfop*	Verdict® R	2,0	249,60
08. haloxyfop*	Verdict® R	4,0	499,20

[1] Produto comercial; [2]grama de ingrediente ativo; *Surfactante (Óleo Mineral), 0,5L/100L

Tabela 6. Tratamentos do herbicida clethodim utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		Dose	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c. [1] ha^{-1}**	**g i.a.[2] ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
	Curva de dose-resposta		
02. clethodim	Select 240 EC**	0,0562	13,75
03. clethodim	Select 240 EC**	0,1125	27
04. clethodim	Select 240 EC**	0,225	54
05. clethodim	Select 240 EC**	0,450	108
06. clethodim	Select 240 EC**	0,900	216
07. clethodim	Select 240 EC**	1,800	432
08. clethodim	Select 240 EC**	3,600	864

[1] Produto comercial; [2]grama de ingrediente ativo; **Adjuvante, Lanzar 1%v/v;

Após a aplicação dos tratamentos herbicidas foram realizadas avaliações de percentual visual de controle aos 7, 14, 28 dias após a aplicação (DAA), onde 0 representava ausência total de controle e 100 morte da planta, conforme metodologia proposta por Velini (1995).

Após a avaliação de 28 DAA foram coletadas e cortadas as massas verdes das plantas, e pesadas em balança de precisão a 0,0001 g, e assim transformados

em porcentagem para condução das curvas de dose resposta aplicadas com massa verde, para obtenção do IC50.

Tabela 7: Valores conceituais para avaliação visual de controle na escala da SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas. (SBCPD, 1995).

% de Controle ou injúria	Descrição Conceitual
100 - 90%	Controle excelente, sem efeito sobre a cultura
89 - 80%	Controle bom, aceitável para a infestação da área
79 - 40%	Controle moderado, insuficiente para a infestação
39-10%	Controle deficiente ou inexpressivo
< 10%	Ausência de controle

Fonte: SBCPD, 1995.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no sistema R. Para a curva de dose-resposta (tratamentos com herbicida), os dados foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo log-logístico proposto por Seefeldt et al. (1995):

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

Em que: y é a porcentagem de controle, x é a dose (g i.a. ha^{-1}) do herbicida; e a, b, c e d são parâmetros da curva, de modo que a é o limite inferior da curva, b é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, c é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e d é a declividade da curva.

A partir das curvas geradas pelo modelo foi possível calcular o valor de IC50 (50% da redução de crescimento), de cada uma das populações, em termos de g i.a. ha^{-1}. Com os valores de IC50 foi obtido a taxa de resistência para cada biótipo supostamente resistente quando comparado com o biótipo suscetível da espécie. A taxa de resistência (IC50 resistente / IC50 suscetível) expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% da população resistente é superior à dose que controla 50% da população suscetível.

1.3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos das avaliações dos experimentos de curva-de-resposta em casa-de-vegetação, 28 dias após a aplicação, foram utilizados para gerar os gráficos (Figuras 7, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18 e 19) sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), baseados nos dados de controle visual e massa seca. Os Fatores de resistência se encontram nas tabelas 8 e 9 e dose de equivalente ácido bem como parâmetros de análise de erro na tabela 10.

Os dados obtidos após as curvas dose-resposta dos herbicidas glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim, aplicados em pós mediano (2 a 4 perfilhos) em populações potencialmente resistente a esses herbicidas foram tomadas suas avaliações visuais para estudo de regressão e construção das curvas dose-resposta e posterior identificação do IC50 e cálculo dos fatores de resistência.

Para tanto utilizou-se uma planta daninha como padrão susceptível, e a dose de g e.a. ha^{-1} de glyphosate (eq. ácido) determinada na IC50 foi de 571 g i.a ha^{-1}.

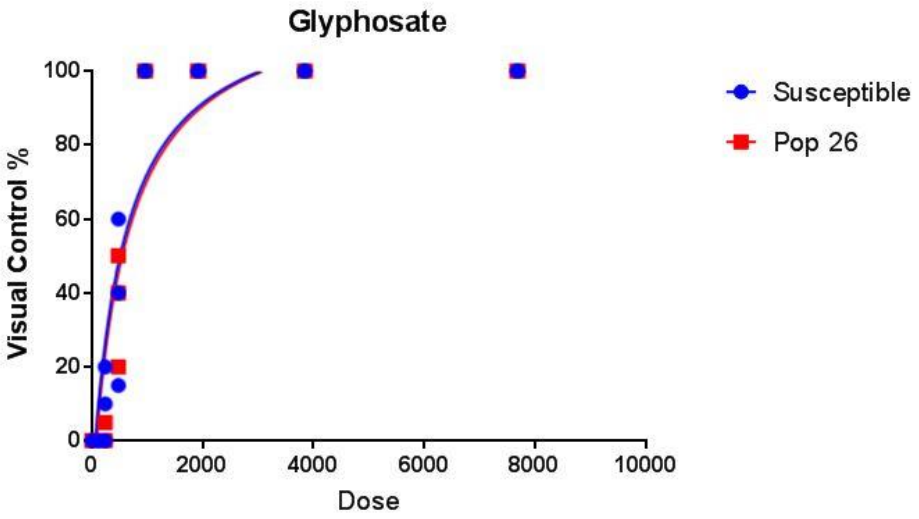
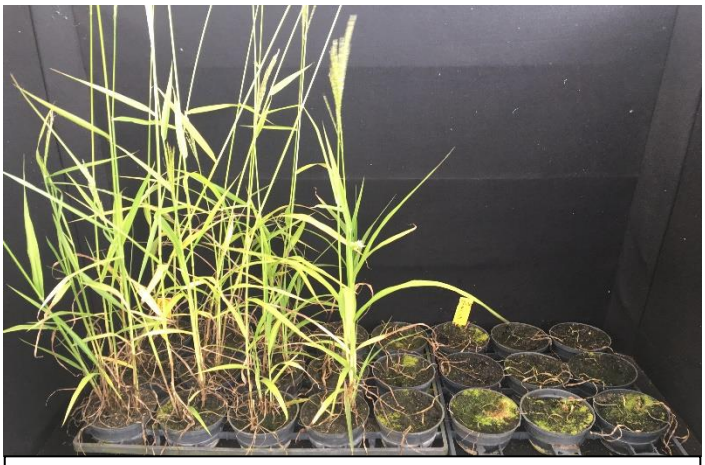


Figura 7: Curva dose-resposta, biótipo 26, susceptível ao Glyphosate, IC50 de 609 g i. a. ha^{-1}– Diamantino, MS.

A curva dose-resposta aplicadas nas populações mostraram um único biótipo susceptível encontrado nas populações analisadas e comparado com o biótipo susceptível utilizado no modelo, apresentou dose de 609,2 g e.a. ha^{-1} para IC50, não permitindo caracterizar como resistência.

A figura 8, refere-se a curva dose-resposta do herbicida glyphosate, onde foi obervado e avaliado o nivel de controle aos 28 DAA (dias após aplicação).



Trat*: Test. 120 g, 240 g, 480 g, 960 g, 1920 g, 3840 g, 7680 g

Figura 8: Curva dose-resposta glyphosate – Susceptível.
Trat*: Doses em g e.a. ha^{-1}.

De acordo com Melo (2015), estudo realizado para encontrar a IC80 de *Digitaria insularis* a glyphosate utilizando método de base line em 17 populações susceptíveis, encontrado a média de 673,7 g e.a.ha^{-1}, dentro da faixa de 314,8 á 1120,3 g e.a.ha^{-1}.

Autores encontraram biótipos de *Digitaria insularis* resistentes a glyphosate com fatores de resistentes da ordem de 3 a 8 vezes (NICOLAI; LÓPEZ-OVEJERO; CHRISTOFFOLETI, 2010; CARVALHO, 2011; MELO, 2011).

Adegas et al. (2010), encontrou biótipos de *Digitaria insularis* resistente a glyphosate com fator de resistência de 6,46, a dose para IC50 para controle da susceptível foi de 0,25 kg i.a.ha^{-1} e para controle da resistente 1,66 kg i.a.ha^{-1}.

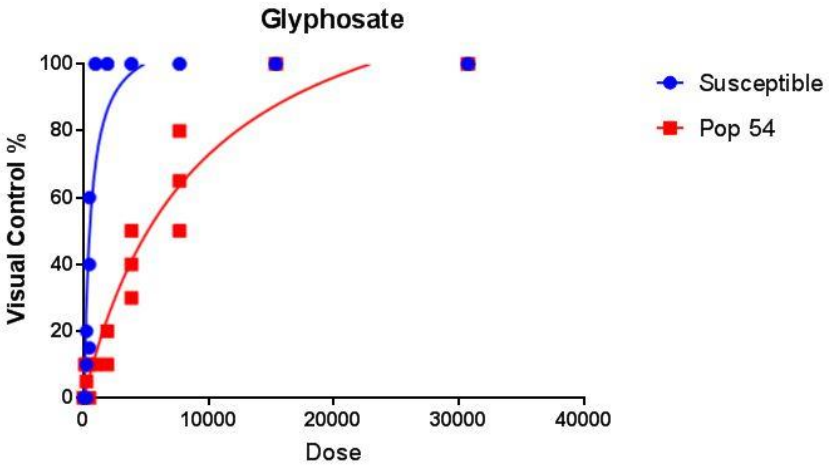


Figura 9: Curva dose-resposta, biótipo 54, resistente ao glyphosate, fator de resistência 19,51 – Ponta Porã, MS.

O gráfico acima proveniente do biótipo 54 foi o que apresentou maior fator de resistência da ordem de 19,51 vezes, onde foi necessário a dose de 9.232 g e.a.ha^{-1} para obter a IC50.

Carvalho et al. (2011) estudando a planta daninha *Digitaria insularis* através de screening para confirmação de resistência à glyphosate, estudando quatro biótipos (três resistente e um susceptível) em casa de vegetação, para determinar a IC50, utilizando herbicida glyphosate, observou que foram necessárias as doses de 63,6 para o biótipo susceptível e para os resistentes 148,8, 249,0 e 248,0 g e.a. ha^{-1}, respectivamente, resultando nos fatores de resistência de 2,3, 3,9 e 3,9, porém sendo doses dentro da dose de bula.

O estudo de curvas dose-resposta para padrões susceptíveis para os herbicidas inibidores da ACCase, dentro os quais foram fenoxaprop, haloxyfop e clethodim, apresentaram dose de 7,98 g i.a^{-1}, 0,74 g i.a^{-1} e 1,09 g i.a^{-1} para controle de 50%, gerando assim suas IC50 para utilização das curvas dose-resposta.

Não foi encontrado nenhum biótipo resistente ao herbicida clethodim, cuja dose necessária para atingir a IC50 na população 26 foi de 0,86 g i.a.ha^{-1}.

Os biótipos susceptíveis aos herbicidas fenoxaprop e haloxyfop para obter o controle da IC50 suas doses foram baixas, os quais são apresentados nas figuras 10 e 11. A população 26 apresentou 2,32 g i.a.ha^{-1} para o herbicida fenoxaprop e para o herbicida haloxyfop apresentou 0,73 g i.a.ha^{-1} para controle de 50% da população, considerando populações altamente susceptíveis.

Adegas et al. (2010) em estudo para controles alternativos de biótipos de *Digitaria insularis* resistente a glyphosate encontrou que doses de haloxyfop a 48 g i.a.ha^{-1} apresentou controle de 100% das plantas daninhas e o clethodim apresentou eficácia de 100% na dose de 96 g i.a.ha^{-1}.

Melo (2015) identificou que a dose de 60 g i.a.ha^{-1} para haloxyfop foram suficientes para controle de 100% dos indivíduos de *Digitaria insularis.*

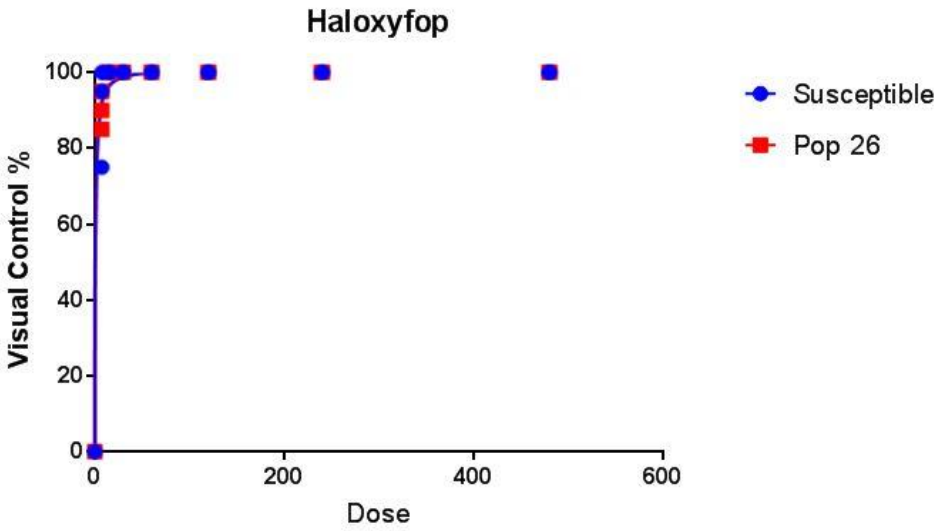


Figura 10: Curva dose-resposta, biótipo 26, susceptível ao Haloxyfop, IC50 de 0,73 g i. a. ha^{-1}– Diamantino, MS.

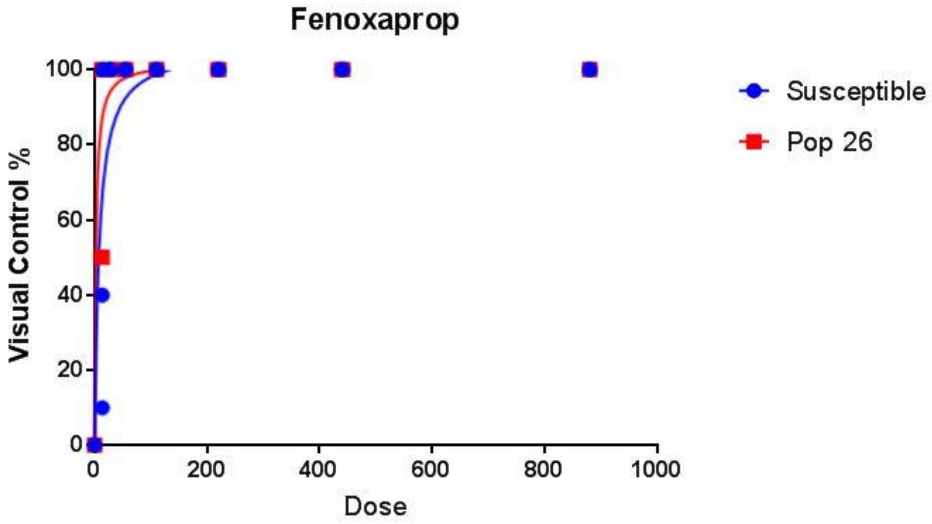


Figura 11: Curva dose-resposta, biótipo 26, susceptível ao Fenoxaprop, IC50 de 2,32 g i. a. ha^{-1}– Diamantino, MS.

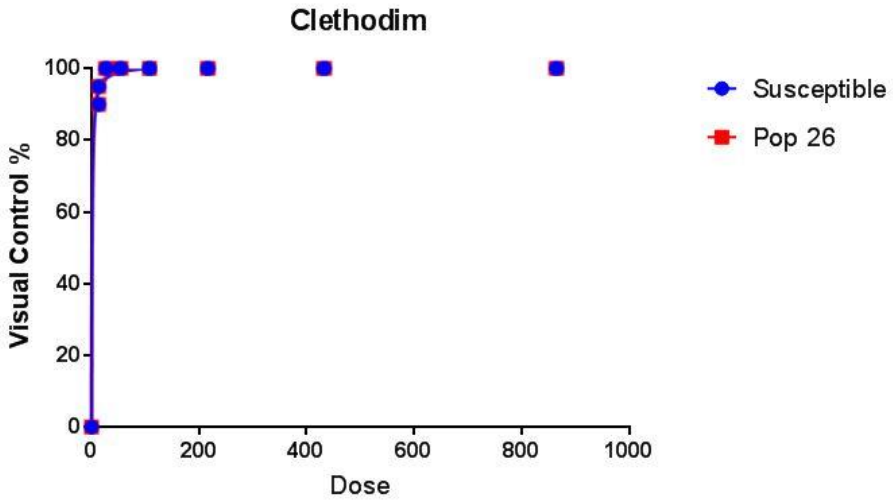
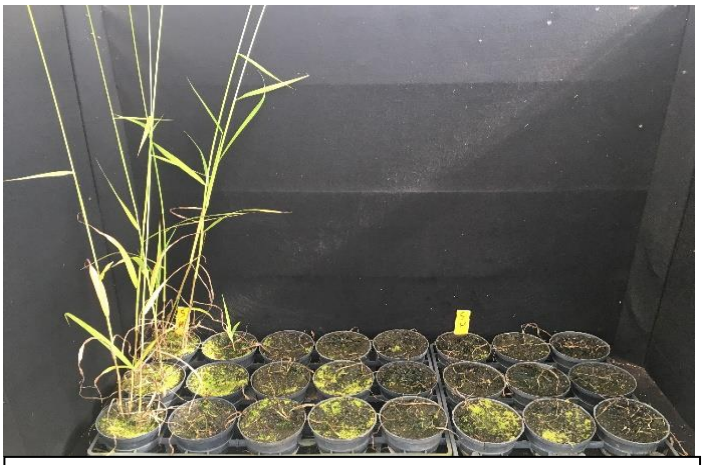
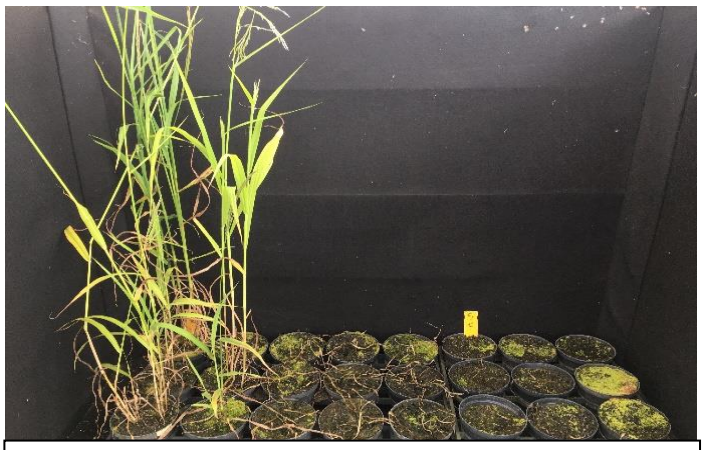


Figura 12: Curva dose-resposta, biótipo 26, susceptível ao Fenoxaprop, IC50 de 2,32 g i. a. ha^{-1}– Diamantino, MS



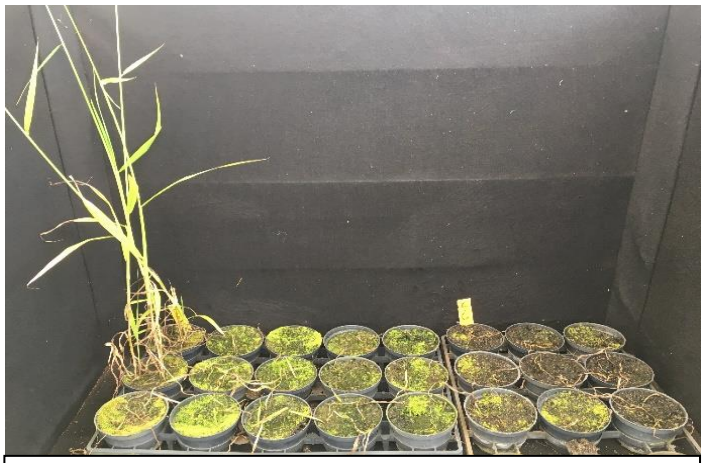
Trat*: Test. 7,8 g, 15,6 g, 31,2 g, 62,4 g, 124,8 g, 249,6 g, 499 g

Figura 13: Curva dose-resposta haloxyfop – Susceptível.
Trat*: Doses em g i.a. ha^{-1}.



Trat*: Test. 13,7 g, 27,5 g, 55 g, 110 g, 220 g, 440 g, 880 g

Figura 14: Curva dose-resposta fenoxaprop – Susceptível.
Trat*: Doses em g i.a. ha^{-1}.



Trat*:	Test.	13,75 g,	27 g,	54 g,	108 g,	216 g,	432 g,	864 g

Figura 15: Curva dose-resposta clethodim – Susceptível.
Trat*: Doses em g i.a. ha^{-1}.

As figuras 13, 14 e 15 apresentadas referem-se as curvas dose-resposta dos herbicidas inibidores da ACCase, haloxyfop, fenoxaprop e clethodim, respectivamente, onde foram obervados e avaliados o nível de controle aos 28 DAA (dias após aplicação).

Através da análise dos trabalhos desenvolvidos para manejar os biótipos de *Digitaria insularis* resistentes ao glyphosate fica evidente que a utilização pontual de herbicidas inibidores da ACCase em pós-emergência poderá não ser a solução para o problema em todos os estádios de desenvolvimento desta espécie (CORREIA; DURIGAN, 2009; PARREIRA et al., 2010).

Também devemos levar em consideração que a dependência do uso de um único mecanismo de ação para o controle do capim-amargoso, especialmente em áreas de resistência ao glyphosate, pode-se constituir numa fonte de pressão de seleção para resistência à ACCase (GEMMELI, et al.; 2012).

O primeiro caso de *Digitaria insularis* resistente a inibidores da ACCase ocorreu em 2016 no Brasil, biótipos resistentes aos herbicidas haloxyfop e fenoxaprop foram identificados na região do Cerrado brasileiro (HEAP, 2019)

Estudos com a espécie *Digitaria ciliares* apresentaram resistência cruzada aos herbicidas fluazifop, sethoxidim e tetraploxydhim, e os fatores de resistentes de maior nível foram 22,84, 44,94 e 11,40 vezes respectivamente no biótipo de estudo de número um (R1) todos utilizando a IC50 para fator de resistência (LOPEZ-OVEJERO et al., 2005).

Os resultados obtidos através da população 32F1 que gerou o indício de resistência múltipla ao glyphosate e aos herbicidas haloxyfop e fenoxaprop foram utilizados para gerar as figuras de número 16, 17, 18 e 19 e tabelas 8, 9, 10 e 11.

Esses resultados foram obtidos através das avaliações dos experimentos de curva-de-resposta em casa-de-vegetação, 28 dias após a aplicação, sobre a populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) oriunda do município de Diamantino, estado do Mato Grosso, baseados nos dados de controle visual e massa seca. Os Fatores de resistência se encontram nas tabelas 8 e 9 e dose de equivalente ácido bem como parâmetros de análise de erro na tabela 10 e 11, bem como todos os valores de IC50.

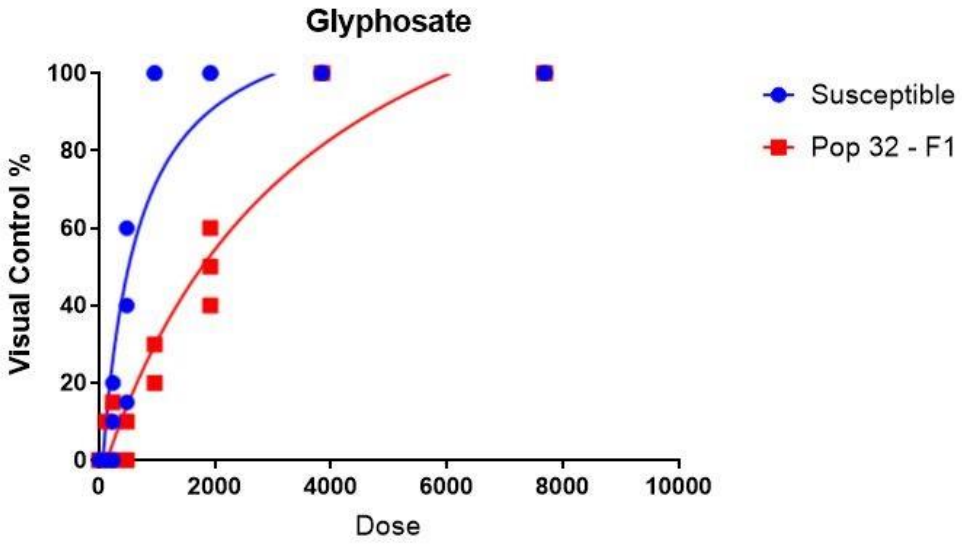


Figura 16: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (geração 1), resistência a glyphosate, fator de resistência 6,24 – Diamantino, MT.

O resultado obtido no estudo de dose-resposta na população identificada como 32F1 apresentou um IC50 de glyphosate de 3568 g e.a.ha^{-1} gerando um fator de resistência da ordem de 6,24 vezes, o que evidencia a resistência do biótipo de *Digitaria insularis* ao glyphosate, embora testes nas gerações sequentes (32F2 e 32F3) foram também avaliados no próximo capitulo.

Melo et al. (2016), identificou biótipos de *Digitaria insularis* resistentes aos herbicidas haloxyfop e fenoxaprop na regiões do estado de Goiás e Mato Grosso do Sul, o ED50 da *Digitaria insularis* susceptível apresentado no trabalho foi de 3,28 g i.a.ha^{-1} para o herbicida haloxyfop e de 23,85 g i.a.ha^{-1} para o herbicida fenoxaprop, dentro os biótipos foi identificado 5 populações resistentes a esses herbicidas, e o

maior fator de resistência para fenoxaprop foi de 902 vezes e para o haloxyfop foi de 171.115 vezes.

O resultado obtido no estudo de dose-resposta na população identificada como 32F1 apresentou para os inibidores da ACCase o indício de resistência múltipla a glyphosate e inibidores de ACCase, fenoxaprop e haloxyfop, gerando os gráficos (Figuras 17, 18 e 19) e tabelas 8 e 11 o qual apresentou os valores IC50 e seus parâmetros de erro.

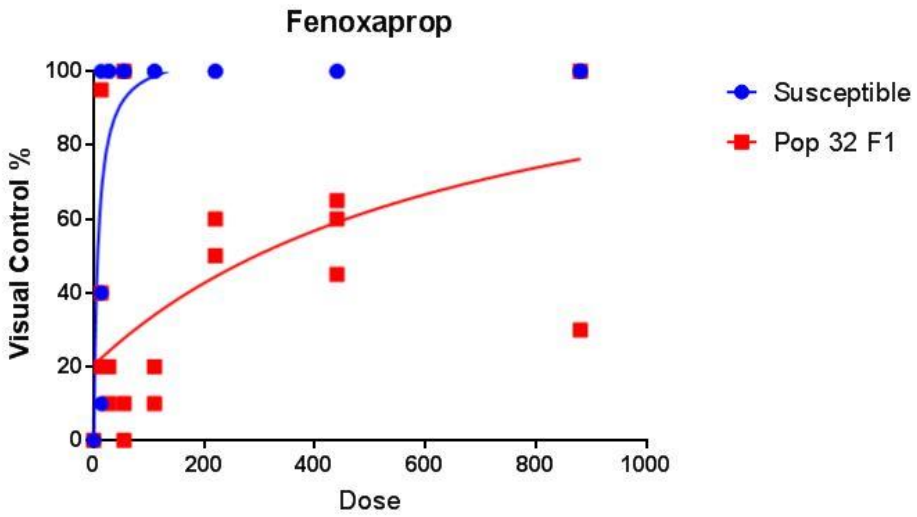


Figura 17: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (geração 1), resistência a Fenoxaprop, fator de resistência 87,70 – Diamantino, MT.

A população de *Digitaria insularis* identificada como 32F1 (geração 1) apresentou 699,3 g i.a.ha^{-1} de IC50 para Fenoxaprop bem como fator de resistência da ordem de 87,70 vezes, já para haloxyfop seu IC50 foi de 2231 g i.a.ha^{-1} o que levou a apresentar um fator de resistência da ordem de 3033 vezes, caracterizando como alto fator de resistência e o mesmo biótipo não apresentou resistência para clethodim.

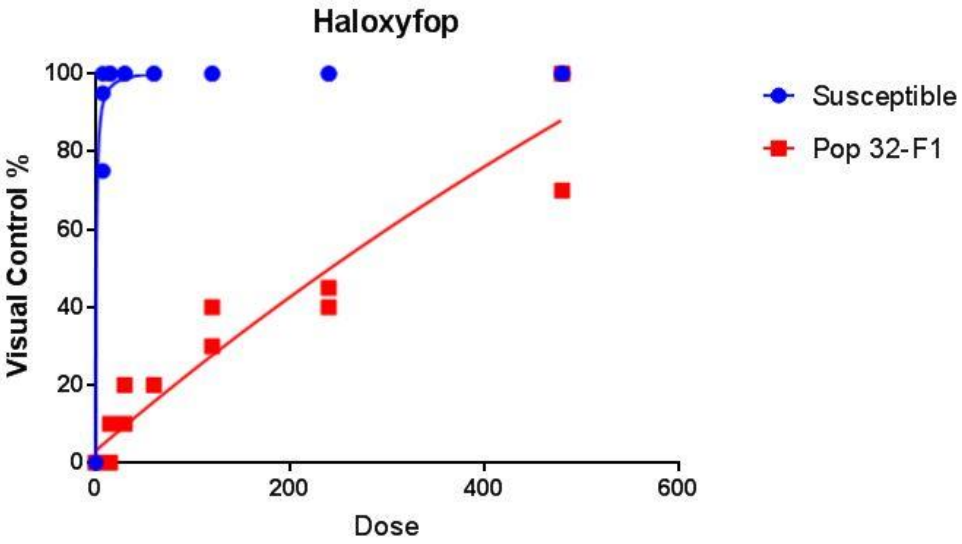


Figura 18: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (geração 1), resistência a Haloxyfop, fator de resistência 3033 – Diamantino, MT

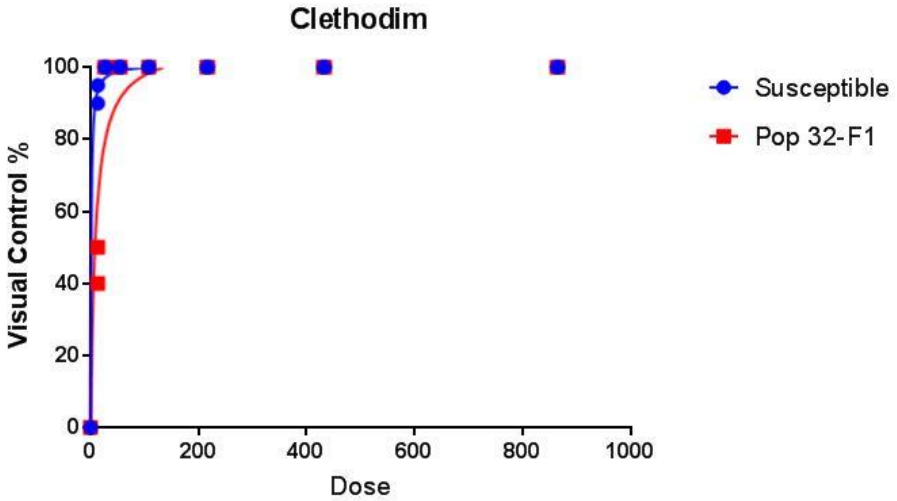


Figura 19: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (geração 1), susceptível a Clethodim – Diamantino, MT.

Tabela 8: Fator de resistência calculados dos biótipos estudados com curva dose-resposta aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim.

Amostra	Município	Estado	Fator de Resistência (R/S) - Controle			
			glyphosate	fenoxaprop	haloxyfop	clethodim
25	Diamantino	MT	5,81	S	S	S
26	Diamantino	MT	S	S	S	S
28	Dourados	MS	7,23	S	S	S
29	Itaporã	MS	3,13	S	S	S
38	Sapezal	MT	S	S	S	S
39	Sapezal	MT	S	S	S	S
40	Sinop	MT	7,13	S	S	S
41	Sapezal	MT	7,37	S	S	S
43	Nova Ubiratã	MT	2,96	S	S	S
44	Sapezal	MT	8,96	S	S	S
53	Vicentina	MS	4,02	S	S	S
54	Ponta Porã	MS	19,51	S	S	S
32 F1	Diamantino	MT	6,24	87,70	3033	S

*Fator de Resistencia (R/S), IC50 – índice de controle de 50% da população.

Tabela 9: Resultados da dose-resposta para comprovação de resistência dos biótipos expostos aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim.

Amostra	Município	Estado	Herbicidas			
			glyphosate	fenoxaprop	haloxyfop	clethodim
25	Diamantino	MT	R	S	S	S
26	Diamantino	MT	S	S	S	S
28	Dourados	MS	R	S	S	S
29	Itaporã	MS	R	S	S	S
30	Maracajú	MS	R	S	S	S
38	Sapezal	MT	S	S	S	S
39	Sapezal	MT	S	S	S	S
40	Sinop	MT	R	S	S	S
41	Sapezal	MT	R	S	S	S
43	Nova Ubiratã	MT	R	S	S	S
44	Sapezal	MT	R	S	S	S
53	Vicentina	MS	R	S	S	S
54	Ponta Porã	MS	R	S	S	S
32 F1	Diamantino	MT	R	R	R	S

R: Biótipo Resistente, R/S maior que 1.
S: Biótipo Susceptível, R/S menor que 1.

Dentro os biótipos estudados, 10 de 13 biótipos apresentaram resistência ao glyphosate, sendo eles dos municípios de Diamantino, Sapezal, Sinop, Nova Ubiratã estado do Mato Grosso e Vicentina, Ponta Porã, Dourados, Itaporã, Maracaju estado do Mato Grosso do Sul, e apenas um biótipo 32F1 apresentou indícios de resistência

múltipla ao glyphosate e inibidores da ACCase, sendo do município de Diamantino, estado do Mato Grosso.

Os fatores de resistência ao glyphosate foram calculados dentro da faixa de 2,96 a 19,51 vezes, sendo o maior proveniente do município de Ponta Porã, estado do Mato Grosso do Sul.

O biótipo 32F1 apresentou fator de resistência ao glyphosate de 6,24 vezes e para fenoxaprop e haloxyfop de 87,70 e 3033 vezes, respectivamente.

Tabela 10: Dose de equivalente ácido da IC50 e parâmetros para identificação do ERRO das curvas dose-resposta de Glyphosate para Controle de 50% da *Digitaria insularis* para cálculo do fator de resistência com suas amplitudes.

ERRO Padrão de IC50 (g i.a.ha^{-1}) - Glyphosate				
População	IC50 (g i.a.ha^{-1})	ERRO Padrão IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Mínima IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Máxima IC50 (g i.a.ha^{-1})
Susceptível	571,7	189,6	382,1	761,3
25	3324	1631	1693	4955
26	609,2	205,6	403,6	814,8
28	4135	2130	2005	6265
29	1788	520,5	1267,5	2308,5
38	589,3	497,5	91,8	1086,8
39	449,7	258,3	191,4	708
40	4076	2272	1804	6348
41	3749	1349	2400	5098
43	1692	793	899	2485
44	4551	2043	2508	6594
53	2297	943,8	1353,2	3240,8
54	9232	2026	7206	11258
32F1	3568	1123	2445	4691

IC50 é a dose para controle de 50% da população, ERRO Padrão (+-) da IC50, Amplitude Mínima IC50 é a dose mínima utilizando o erro para controle de 50% da população e Amplitude Máxima IC50 é a dose máxima utilizando o erro para controle de 50%. Modelo adaptado proposto por Knezevic et al. (2007), $y = d/1 + \exp[b(\log x - \log e)]$.

Tabela 11: IC50 dos biótipos resistente 32F1 e susceptível e ERRO da IC50 das curvas dose-resposta de glyphosate, fenoxaprop e haloxyfop para Controle de 50% da *Digitaria insularis* para cálculo do fator de resistência com suas amplitudes.

IC50 e ERRO Padrão de IC50 (g i.a.ha^{-1}) - Susceptível x Biótipo 32F1				
População	IC50 (g i.a.ha^{-1})	ERRO Padrão IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Mínima IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Máxima IC50 (g i.a.ha^{-1})
Glyphosate	3568	1123	2445	4691
Susceptível	571,7	189,6	382,1	761,3
Fenoxaprop	699,3	1500	NA*	2199,3
Susceptível	7,98	3,31	4,67	11,29
Haloxyfop	2231	2847	NA*	5078
Susceptível	0,74	0,25	0,49	0,99
Clethodim	Susceptível	0,16	NA*	NA*
Susceptível	1,09	0,16	NA*	NA*

IC50 é a dose para controle de 50% da população, ERRO Padrão (+-) da IC50, Amplitude Mínima IC50 é a dose mínima utilizando o erro para controle de 50% da população e Amplitude Máxima IC50 é a dose máxima utilizando o erro para controle de 50%. Modelo adaptado proposto por Knezevic et al. (2007), y = d/1 + exp[b(log x – log e)].
NA* – Não aplicável, no modelo utilizado as doses para IC50 das curvas não foram atingidas.

É possível observar na tabela 10, que utilizando o modelo de Knezevic et al (2007), aplicando o ERRO e obtendo as amplitudes mínimas e máximas, estatisticamente as poluções de número 26, 38 e 39 podem não apresentar resistência ao glyphosate.

Observa-se também que a dose de glyphosate para controle da susceptível encontra-se na faixa de 382,1 a 761,3, e a dose para as controle da IC50 das populações 38 e 39 estão dentro da faixa de 91,8 a 1086,8 g i.a.ha^{-1} e 191,4 a 708 g i.a.ha^{-1} respectivamente.

Os resultados apresentados na tabela 11, quando utilizado o modelo de Knezevic et al. (2007), que mesmo dentro das amplitudes máximas, de 2199,3 e 5078 g i.a.ha^{-1}, o biótipo 32F1 apresenta resistência aos herbicidas fenoxaprop e haloxyfop respectivamente, e que não apresenta amplitude mínima, pois tende a zero devido as doses não serem encontradas na curva dose-resposta para controle de 50%, ou IC50, caracterizando um alto fator de resistência.

1.4. Conclusão

O presente trabalho permite concluir que dos 13 biótipos das 8 microrregiões analisadas, 10 biótopos foram comprovados como resistentes a glyphosate e apenas

3 biótipos dos municípios de Diamantino e Sapezal não apresentaram resistência a glyphosate.

Apenas um biótipo apresentou indícios de resistência múltipla a glyphosate e inibidores da ACCase, fenoxaprop e haloxyfop porém a mesma não apresentou resistência cruzada dentro dos inibidores de ACCase quando se utilizou o herbicida clethodim.

Os biótipos resistentes a glyphosate apresentaram fatores de resistência da ordem de 2,96 a 19,51 e o fator de resistência do potencial biótipo com resistência múltipla apresentou fator de resistência a fenoxaprop de 87,7 e haloxyfop de 3033 sendo que do glyphosate foi de 6,24 vezes.

Referências

ADEGAS, F.S.; GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Resumos.** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 162.

Balastreire, L. A., & Baio, F. H. R. (2001). Avaliação de uma metodologia prática para o mapeamento de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 5(2), 349–352.

CARVALHO, L.B.; CRUZ-HIPÓLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P.L.C.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; DE PRATO, R. Detection of sourgrass (Digitaria insularis) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, Lawrence, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO R. F.; BORGATO E. A.; GOLÇASVES NETTO, A.; MELO, M. S. C. Resistência das plantas daninhas a herbicida: termos e definições importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p. 11-31.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Manejo químico de plantas adultas de Digitaria insularis (L.) Fedde com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuronethyl ou quizalofop-p-tefuril em área de plantio direto. **Bragantia**, São Carlos, v. 68, n. 3, p. 689-697, 2009.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; JUMES, T.M.C.; NETO, A.M.O.; DAN, H.A.; BIFFE, D.F. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v.11, n.2, p.231-240, 2012.

LOPEZ-OVEJERO,R.F.; CARVALHO,.J.P.; NICOLAI,M.; PENCKOWSKI,L.H.; CHRISTOFFOLETTI,P.J. Resistencia de populações de capim-colchão (Digitaria ciliaris) aos herbicidas inibidores de acetil Co-A carboxilase. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23,p.543-549, 2005.

MELO, M.S.C. **Levantamento de ocorrência, alternativas de manejo, mecanismos de resistência e herança genética do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao herbicida glyphosate.** Tese (Doutorado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

NICOLAI, M.; MELO, M.S.C.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Resumos expandidos.** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 943-946.

MELO, M. S. C. ; ADORYAN, M. L. ; OLIVEIRA, T. . Resistência de Capim-Amargoso ao herbicida haloxyfop-methyl em biótipos da região centro-oeste. In: XXX Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2016, Curitiba, PR. **Anais do XXX Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 2016. p. 747-747.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 27 de julho, 2019.

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

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J.E.; FUERST,P.E. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Technology**, Lawrence, v.9,n.2,p.218-227,1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e analise de experimentos com herbicidas. Londrina: **SBCPD**, 1995. 42p.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. **Procedimentos para a instalação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. 21 p.

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

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Resistance and tolerance definitions. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, p. 789, 1998.

KNEZEVIC, S.Z.; STREIBIG, J.C.; RITZ, C. Utilizing R software for dose-response studies: the concept and data analysis. **Weed Technology**, Lawrence, v. 21, p. 840-848, 2007.

2. CURVAS DE DOSES RESPOSTAS PARA COMPROVAÇÃO DA RESISTENCIA MULTIPLA ENTRE OS HERBICIDAS GLYPHOSATE E INIBIDORES DA ACCASE EM *DIGITARIA INSULARIS.*

Resumo

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um fenômeno que evolui ano após ano nas lavouras, sua pressão de seleção se dá pelo uso continuo de um mesmo mecanismo de ação, quando o uso repetitivo ocorre com um segundo mecanismo de ação, a pressão de seleção pode ocorrer novamente gerando biótipos com resistência cruzada ou múltipla. Assim, foi desenvolvida esta pesquisa com o objetivo de comprovar a resistência múltipla de um biótipo de *Digitaria insularis* (capim-amargoso) proveniente do município de Diamantino, estado do Mato Grosso. Os ensaios de dose-resposta com os herbicidas glyphosate e inibidores da ACCase, haloxyfop, fenoxaprop e clethodim, respectivamente, foram conduzidos em três gerações seguidas (F1, F2 e F3). Conclui-se que o biótipo 32F1 proveniente do município de Diamantino, estado do Mato Grosso apresentou resistência múltipla aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop e haloxyfop, pertencentes aos inibidores da EPSPS e ACCase, porém com variações no fator resistência de glyphosate ao longo das gerações.

Palavras-chave: Planta daninha; Fator de Resistência; Glyphosate; Fenoxapro; Haloxyfop.

Abstract

DOSE-RESPONSE TO PROVE MULTIPLE RESISTANCE OF GLYPHOSATE AND ACCASE INHIBITORS HERBICIDES IN DIGITARIA INSULARIS.

The herbicide weed resistance is a phenomenon that evolve year by year in the fields, the selection pression happen due the continues usage of same mode of action, when the repetitive usage occurs with another mode of action, the selection pression can happen again, generating biotypes with cross resistant and multiple resistant. Thus, was developed this study with objective to prove the multiple resistance of *Digitaria insularis* (sourgrass) from Diamantino city, Mato Grosso state. The dose-response trials with glyphosate and ACCase inhibitors herbicides, haloxyfop, fenoxaprop and clethodim, respectively, were conducted in three generation of sourgrass (F1, F2 and F3). Conclude that the 32F1 biotypes from Diamantino, Mato Grosso state showed multiple resistant to glyphosate, fenoxaprop and haloxyfop herbicides, belong to EPSPs and ACCase inhibitors, but with variations of resistance factor in the long of generations with glyphosate herbicide.

Keywords: Weed; Resistance Factor; Glyphosate; Fenoxaprop; Haloxyfop.

2.1. Introdução

O uso de herbicidas em larga escala deve-se ao baixo custo, boa eficácia e por estar prontamente disponível aos agricultores. Mas o seu uso de maneira

repetitiva, principalmente quando sem a rotação de mecanismo de ação, está associado ao desenvolvimento de populações de plantas daninhas, dentro de uma espécie, resistentes a estes herbicidas (SILVA et al., 2007).

Na maioria dos casos, a resistência aos herbicidas ocorre devido ao uso repetitivo do mesmo herbicida ou de herbicidas de mesmo mecanismo de ação, sempre associado a monoculturas (CHRISTOFFOLETI, VICTORIA FILHO e SILVA, 1994). Podem auxiliar no desenvolvimento desta resistência, aplicações em dosagens erradas e aplicações em estádios de desenvolvimentos diferentes àqueles indicados.

O glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados, por ser um herbicida de amplo espectro de controle, não seletivo, assim seu uso vem crescendo a cada ano. E com o desenvolvimento de culturas tolerantes a este herbicida sua utilização em pós emergência, e o número de aplicações aumentou drasticamente nos últimos anos.

Com isto, a pressão de seleção para este composto selecionou alguns biótipos de plantas daninhas resistentes a este herbicida, principalmente em áreas de rotação cuja sucessão de culturas é feita somente por culturas tolerantes, a estes herbicida.

Para contornar esta situação a utilização de herbicidas graminicidas vem crescendo drasticamente. Os graminicidas inibidores da ACCase como fenoxaprop, haloxyfop e clethodim têm sido utilizados em dessecações pré-plantio de soja bem como também em pós emergência desta cultura, além de serem usados muitas vezes em dessecação pré-plantio da cultura do milho.

Entretanto, com a pressão de seleção, o surgimento de biótipos resistentes a este mecanismo de ação já foi comprovado. A microrregião do estado do Mato Grosso do Sul já possui alguns casos de resistência de capim-amargoso a graminicidas inibidores de ACCASE (HEAP, 2019)

A resistência é um fenômeno que evolui durante anos na lavoura. Para se tornar perceptível é necessário que boa parte da população já seja resistente. Quando há suspeitas deste fenômeno é necessário considerar se o controle ocorreu de maneira correta como dosagem certa, época correta, calibração e volumes ajustados entre outros. Além de observar se o controle foi ineficiente para uma ou mais espécies e se estas plantas não são resultado da reinfestação.

Um índice utilizado para comparação entre biótipos de plantas resistentes e não resistentes é a curva dose-resposta. Através desta, é determinado o índice IC50, ou seja, a dose de herbicida necessária para controlar 50% da população de plantas infestantes. Esta metodologia representa a relação entre a dose de um composto e a proporção da população que corresponde com um efeito positivo ou negativo.

Resistencia cruzada ocorre quando biótipos de plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas pertencentes ao mesmo mecanismo de ação e resistência múltipla consiste quando um biótipo de planta daninha apresente resistência a um ou mais mecanismos que conferem resistência a herbicidas com mecanismo de ação diferentes (WSSA, 1998).

Para confirmação de resistência de plantas daninhas a herbicidas é necessário que essa característica seja herdável, transmitida de geração para geração, sendo assim todos indivíduos parentais e suas proles devem ser submetidos a ensaios de curva dose-resposta para a confirmação do nível de resistência (BURGOS et al., 2013).

O objetivo deste estudo após o mapeamento de plantas daninhas resistentes a glyphosate e inibidores da ACCase foi então estudo de curva dose-resposta da *Digitaria insularis* nas gerações F1, F2 e F3 com os herbicidas glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim para comprovação da resistência múltipla.

2.2. Material e Métodos

Após as curvas de dose-respostas aplicadas nos 13 biótipos identificados e coletados para analises a potencial resistência múltipla do herbicida glyphosate e inibidores de ACCase, o biótipo que apresentou potencial resistência múltipla de número 32F1 foi então aplicado a um segundo experimento de dose-resposta para comprovar a resistência múltipla em suas gerações seguintes.

A planta de *Digitaria insularis* de número 32F1 (geração F1) proveniente de coleta do município de Diamantino, gerou sementes para a formação da 32F2 (geração F2), que então foi submetida para uma curva de dose-resposta.

A planta 32F2, após suas doses respostas concluídas no experimento, também foi cultivada para, então a coleta das sementes identificadas como 32F3 (geração F3).

O experimento apresentado foi então elaborado com duas gerações de sementes de plantas daninhas de gerações 32F2 e 32F3.

As curvas de dose-respostas da *Digitaria insularis* foram conduzidas entre o período de 15/01/2018 e 15/02/2019.

Os ensaios foram conduzidos em uma única casa de vegetação, onde a temperatura média foi de +- 28 ºC e umidade relativa de +- 60%. Foram utilizados vasos de plástico de 0,8 L contendo substrato com a presença de duas plantas da *Digitaria insularis*.

As sementes da *Digitaria insularis* foram primeiramente semeadas em bandejas de plástico utilizadas como berçários, após o desenvolvimento inicial das plântulas foram coletadas e transplantadas para os vasos para a condução do experimento, foram transplantadas duas plantas por vaso e assim aguardou seu pegamento.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo que cada tratamento continha 1 vaso com 2 plantas.

As aplicações para dose-resposta foram realizadas no estádio vegetativo de 2 a 4 perfilhos, para determinar quais biótipos apresentam resistência ou uma possível diferença de suscetibilidade ao glyphosate e aos inibidores da ACCase (fenoxaprop, haloxyfop e clethodim), conforme tabelas 1, 2, 3 e 4.

As pulverizações foram realizadas por meio câmara de aplicação com pressão constante e pressurizado com CO^2, equipado com uma ponta de pulverização de jato leque Teejet TT 110.02 VP, com cobertura 0,5 m de faixa de aplicação. A pressão de trabalho foi de 23 lb pol^{-2}, o que gerou um volume de aplicação de proporcional a 200 L. ha^{-1}.

Nas aplicações de curvas de dose-resposta foram aplicados sete tratamentos herbicidas e uma testemunha sem aplicação, sendo que a lista de tratamentos herbicidas completa está apresentada nas tabelas 1, 2, 3, e 4.

Tabela 1: Tratamentos herbicidas glyphosate utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		**Dose**	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c. [1] ha^{-1}**	**g e.a.[2] ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
Curva de dose-resposta			
02. glyphosate	Roundup Original	0,25	120
03. glyphosate	Roundup Original	0,5	240
04. glyphosate	Roundup Original	1,0	480
05. glyphosate	Roundup Original	2,0	960
06. glyphosate	Roundup Original	4,0	1920
07. glyphosate	Roundup Original	8,0	3840
08. glyphosate	Roundup Original	16,0	7680

[1] Produto comercial; [2] Equivalente ácido.

Tabela 2: Tratamentos do herbicida fenoxaprop utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		**Dose**	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c. [1] ha^{-1}**	**g i.a.[2] ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
Curva de dose-resposta			
02. fenoxaprop	Podium EW	0,125	13,75
03. fenoxaprop	Podium EW	0,25	27,5
04. fenoxaprop	Podium EW	0,5	55
05. fenoxaprop	Podium EW	1,0	110
06. fenoxaprop	Podium EW	2,0	220
07. fenoxaprop	Podium EW	4,0	440
08. fenoxaprop	Podium EW	8,0	880

[1]Produto comercial; [2]Grama de ingrediente ativo.

Tabela 3: Tratamentos dos herbicidas haloxyfop utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		**Dose**	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c.** [1] **ha^{-1}**	**g i.a.**[2] **ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
Curva de dose-resposta			
02. haloxyfop*	Verdict® R	0,0625	7,80
03. haloxyfop*	Verdict® R	0,125	15,60
04. haloxyfop*	Verdict® R	0,25	31,20
05. haloxyfop*	Verdict® R	0,5	62,40
06. haloxyfop*	Verdict® R	1,0	124,80
07. haloxyfop*	Verdict® R	2,0	249,60
08. haloxyfop*	Verdict® R	4,0	499,20

[1] Produto comercial; [2]Grama de ingrediente ativo; *Surfactante (Óleo Mineral), 0,5L/100L.

Tabela 4: Tratamentos do herbicida clethodim utilizados no experimento, aplicados em pós-emergência sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Herbicida		**Dose**	
Nome comum	**Nome comercial**	**L de p.c.** [1] **ha^{-1}**	**g e.a.**[2] **ha^{-1}**
01. testemunha	-	-	-
Curva de dose-resposta			
02. clethodim	Select 240 EC**	0,0562	13,75
03. clethodim	Select 240 EC**	0,1125	27
04. clethodim	Select 240 EC**	0,225	54
05. clethodim	Select 240 EC**	0,450	108
06. clethodim	Select 240 EC**	0,900	216
07. clethodim	Select 240 EC**	1,800	432
08. clethodim	Select 240 EC**	3,600	864

[1] Produto comercial; [2]Grama de ingrediente ativo; **Utilizar Adjuvante, Lanzar 1%v/v.

Após a aplicação dos tratamentos herbicidas foram realizadas avaliações de percentual visual de controle aos 7, 14, 28 dias após a aplicação (DAA), onde 0 representava ausência total de controle e 100 morte da planta, conforme metodologia proposta por Velini (1995).

Após a avaliação de 28 DAA foram cortadas as massas verdes das plantas e pesadas em balança de precisão a 0,0001 g e assim transformados em

porcentagem para condução das curvas de doses respostas aplicadas com massa verde.

Tabela 5: Valores conceituais para avaliação visual de controle na escala da SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas. (SBCPD, 1995).

% de Controle ou injúria	Descrição Conceitual
100 - 90%	Controle excelente, sem efeito sobre a cultura
89 - 80%	Controle bom, aceitável para a infestação da área
79 - 40%	Controle moderado, insuficiente para a infestação
39-10%	Controle deficiente ou inexpressivo
< 10%	Ausência de controle

Fonte: SBCPD, 1995.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no sistema R. Para a curva de dose-resposta (tratamentos com herbicida), os dados foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo log-logístico proposto por Seefeldt et al. (1995):

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

Em que: y é a porcentagem de controle, x é a dose (g i.a. ha^{-1}) do herbicida; e a, b, c e d são parâmetros da curva, de modo que a é o limite inferior da curva, b é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, c é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e d é a declividade da curva.

A partir das curvas geradas pelo modelo foi possível calcular o valor de IC50 (50% of growth reduction), de cada uma das populações, em termos de g e.a. ha^{-1}.

Com os valores de IC50 foi obtido a taxa de resistência para cada biótipo supostamente resistente quando comparado com o biótipo suscetível da espécie. A taxa de resistência (IC50 resistente / IC50 suscetível) expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% da população resistente é superior à dose que controla 50% da população suscetível.

2.3. Resultado e Discussão

Partindo do pressuposto que as características de resistência que um biótipo de planta daninha possui são caraterísticas intrínsecas do DNA, é presumível que essas sejam herdáveis (WSSA, 1998).

O fator de resistência (IC50 R / IC50 S) expressa o número de vezes que a dose necessária para controlar 50% da população resistente é superior a dose que controla 50% da população susceptível (HALL et al.,1998).

Características que conferem menor susceptibilidade a certos biótipos é uma característica genética, portanto herdável, além de visar atender aos critérios estabelecidos para a confirmação de resistência de plantas daninhas a herbicidas, fundamenta-se que, resistência de plantas daninhas é a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, sobreviver após a exposição a dose de um herbicida, que normalmente seria letal a uma população susceptível da mesma espécie (WSSA, 1998).

Em 2017, biótipos de *Eleusine indica* provenientes do estado do Mato Grosso foram identificados como resistentes ao glyphosate, bem como também aos inibidores da ACCase's, dentre esses os herbicidas haloxyfop-methyl e fenoxaprop (HEAP, 2019).

Os resultados obtidos das avaliações dos experimentos de curva-de-resposta em casa-de-vegetação das gerações F1, F2 e F3, identificados de 32F1, 32F2 e 32F3 do biótipo indicado com múltipla resistência aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop e haloxyfop, foram utilizados para gerar os gráficos (Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12) sobre as populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), baseados nos dados de controle visual e massa seca. Os Fatores de resistência se encontram nas tabelas 6, 7, e 8 bem como a IC50 das gerações e erro da IC50 para as curvas dose-resposta.

Tabela 6: Fator de resistência calculados das gerações (32F2 e 32F3) do biótipo resistente 32F1, estudados em curva dose-resposta aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim.

Amostra	Município	Estado	Fator de Resistencia (R/S)			
			glyphosate	fenoxaprop	haloxyfop	clethodim
32 F1	Diamantino	MT	6,24	87,70	3033	S
32 F2	Diamantino	MT	1,38	28,31	62,25	S
32 F3	Diamantino	MT	7,29	57,75	10,63	S

S – Susceptível.

Tabela 7: Resultados da dose-resposta para comprovação de resistência das gerações (32F2 e 32F3) do biótipo resistente 32F1, estudados em curva dose-resposta aos herbicidas glyphosate, fenoxaprop, haloxyfop e clethodim.

Amostra	Município	Estado	Herbicidas			
			glyphosate	fenoxaprop	haloxyfop	clethodim
32 F1	Diamantino	MT	R	R	R	S
32 F2	Diamantino	MT	R	R	R	S
32 F3	Diamantino	MT	R	R	R	S

S – Susceptível.

Tabela 8: IC50 das gerações 32F2 e 32F3 do biótipo resistente 32F1 e população susceptível, e ERRO da IC50 das curvas dose-resposta de glyphosate para Controle de 50% da *Digitaria insularis* para cálculo do fator de resistência com suas amplitudes.

IC50 e ERRO Padrão de IC50 (g e.a.ha^{-1}) - glyphosate				
População	IC50 (g e.a.ha^{-1})	ERRO Padrão IC50 (g e.a.ha^{-1})	Amplitude Mínima IC50 (g e.a.ha^{-1})	Amplitude Máxima IC50 (g e.a.ha^{-1})
Susceptível	571,7	189,6	382,1	761,3
32F1	3568	1123	2445	4691
32F2	791,1	294,4	601,5	980,7
32F3	4168	2195	1973	6363

IC50 é a dose para controle de 50% da população, ERRO Padrão (+-) da IC50, Amplitude Mínima IC50 é a dose mínima utilizando o erro para controle de 50% da população e Amplitude Máxima IC50 é a dose máxima utilizando o erro para controle de 50%. Modelo adaptado proposto por Knezevic et al. (2007), y = d/1 + exp[b(log x – log e)].

Observar-se que a IC50 do glyphosate para *Digitaria insularis* foi de 3568 g e.a.ha^{-1}, valor acima da IC50 e da amplitude máxima do biótipo susceptível, gerando um fator de resistência da ordem de 6,4 vezes.

Quando calculado e analisado a IC50 do biótipo de segunda geração (32F2) o valor de IC50 foi de 791,1 g e.a.ha^{-1}, o que ocasionou em um fator de resistência da

ordem de 1,38 vezes, porém estatisticamente estando dentro dos valores de amplitude 601,5 a 980,7 g e.a.ha^{-1}, quando se aplicou o erro entende-se que essa geração poderia ser uma população susceptível, analisando que a geração de escape observada no campo no município de Diamantino seria a primeira observação de uma possível resistência a glyphosate e que sua “primeira prole” gerou a população 32F1, o qual obteve um fato de resistência de 6,4 vezes e mesmo que ainda se manteve as resistências aos inibidores de ACCase, fenoxaprop e haloxyfop (tabela 7), consideramos importante refazer as curvas em uma 3 geração, identificada como 32F3.

Ressaltando que o fator de resistência (FR) é calculado pelo quociente entre o IC50 do biótipo resistente e o IC50 do biótipo suscetível, e expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% da população resistente é superior à dose que controla 50% da população suscetível (HALL et al., 1998; CHRISTOFFOLETI, 2002) e que a resistência é confirmada quando se tem um FR > 1,0 (SAARI et al., 1994).

Os resultados provenientes das curvas dose-resposta da população 32F3, sendo a terceira geração da planta daninha *Digitaria insularis* observada no campo, a IC50 calculada foi de 4168 g e.a.ha^{-1} gerando um fator de resistência da ordem de 7,29 vezes.

Tabela 9: IC50 das gerações 32F2 e 32F3 do biótipo resistente 32F1 e população susceptível, e ERRO da IC50 das curvas dose-resposta de haloxyfop para Controle de 50% da *Digitaria insularis* para cálculo do fator de resistência com suas amplitudes.

IC50 e ERRO Padrão de IC50 (gvi.a.ha^{-1}) - haloxyfop				
População	IC50 (g i.a.ha^{-1})	ERRO Padrão IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Mínima IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Máxima IC50 (g i.a.ha^{-1})
Susceptível	0,74	0,25	0,49	0,99
32F1	2231	2847	NA	5078
32F2	45,96	39,82	6,14	85,78
32F3	7,82	7,82	NA	15,64

IC50 é a dose para controle de 50% da população, ERRO Padrão (+-) da IC50, Amplitude Mínima IC50 é a dose mínima utilizando o erro para controle de 50% da população e Amplitude Máxima IC50 é a dose máxima utilizando o erro para controle de 50%. Modelo adaptado proposto por Knezevic et al. (2007), y = d/1 + exp[b(log x – log e)].
NA* – Não aplicável, no modelo utilizado as doses para IC50 das curvas não foram atingidas.

Os dados apresentados da tabela 9, relacionados as curvas dose-resposta do herbicida haloxyfop na planta daninha *Digitaria insularis* apresentaram na população 32F2 (geração 2) um IC50 da ordem de 2231 g i.a.ha^{-1}, enquanto seu fator de resistente apresentou o valor de 62,25 vezes, caracterizando a confirmação da resistência a ACCase, como foi aplicado na terceira geração a curva dose-resposta se fez pertinente repetir o mesmo na população 32F3 para haloxyfop.

Os resultados da população 32F3 apresentou um fator de resistência da ordem de 10,63 vezes, e o seu IC50 de 7,82 g i.a.ha^{-1}, fica evidente que no avanço das gerações de F1, F2 e F3 tende-se diminuir o fator de resistência a esse herbicida.

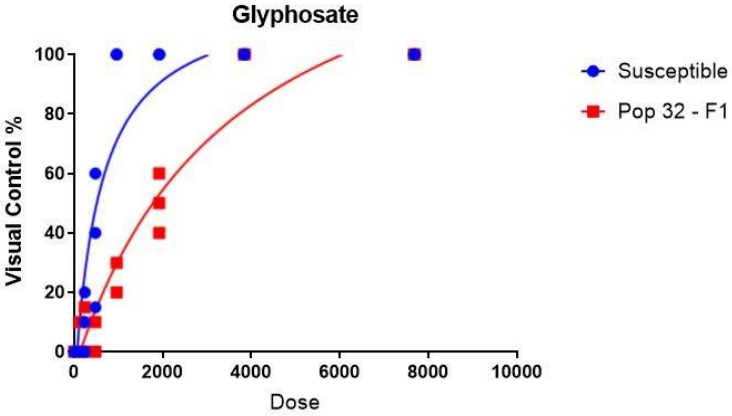
Tabela 10: IC50 das gerações 32F2 e 32F3 do biótipo resistente 32F1 e população susceptível, e ERRO da IC50 das curvas dose-resposta de Fenoxaprop para Controle de 50% da *Digitaria insularis* para cálculo do fator de resistência com suas amplitudes.

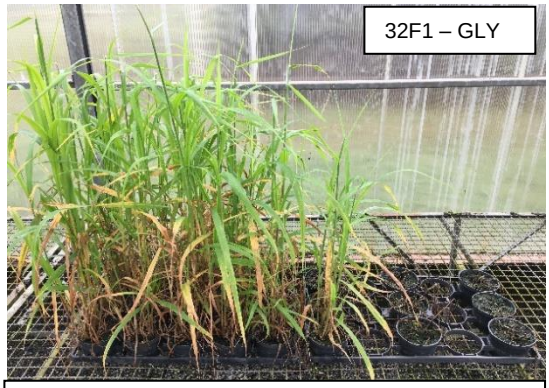
IC50 e ERRO Padrão de IC50 (g i.a.ha^{-1}) - fenoxaprop				
População	IC50 (g i.a.ha^{-1})	ERRO Padrão IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Mínima IC50 (g i.a.ha^{-1})	Amplitude Máxima IC50 (g i.a.ha^{-1})
Susceptível	7,98	3,31	4,67	11,29
32F1	699,3	1500	NA	2199,3
32F2	225,7	300	NA	525,7
32F3	460,4	729,5	NA	1189,9

IC50 é a dose para controle de 50% da população, ERRO Padrão (+-) da IC50, Amplitude Mínima IC50 é a dose mínima utilizando o erro para controle de 50% da população e Amplitude Máxima IC50 é a dose máxima utilizando o erro para controle de 50%. Modelo adaptado proposto por Knezevic et al. (2007), y = d/1 + exp[b(log x – log e)].
NA* – Não aplicável, no modelo utilizado as doses para IC50 das curvas não foram atingidas.

Por fim, as curvas dose-resposta do herbicida fenoxaprop na planta daninha *Digitaria insularis* apresentaram na população 32F2 (geração 2) um IC50 da ordem de 225,7 g i.a.ha^{-1}, enquanto seu fator de resistente apresentou o valor de 28,3 vezes, caracterizando a confirmação da resistência a ACCase de um segundo herbicida testado, em sua terceira geração a curva dose-resposta para o fenaxoprop na população 32F3 apresentou um fator de resistência da ordem de 57,75 vezes, e o seu IC50 de 460,4 g i.a.ha^{-1}, resultando então da comprovação da resistência múltipla aos glyphosate e aos herbicidas inibidores da ACCase, representado pelos herbicidas fenoxaprop e haloxyfop-methyl.

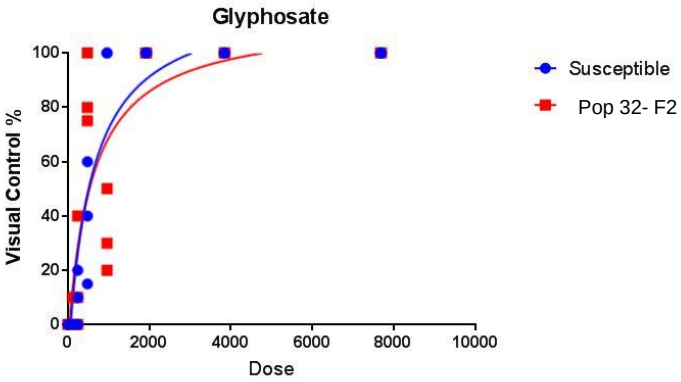
Apresentando a seguir os gráficos gerados pelas curvas dose-resposta bem como as imagens das populações de *Digitaria insularis* aos 28 DAA (dias após aplicação).

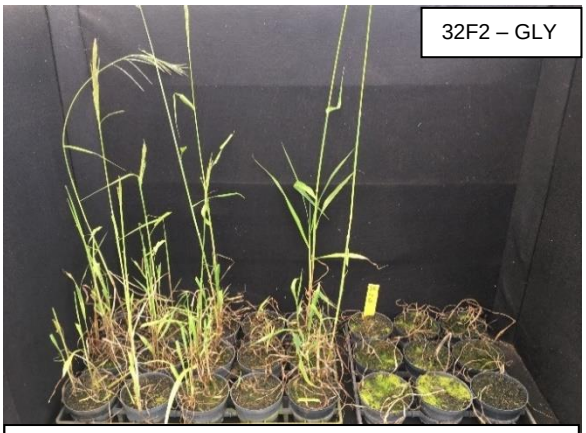




Trat*: Test. 120 g, 240 g, 480 g, 960 g, 1920 g, 3840 g, 7680 g

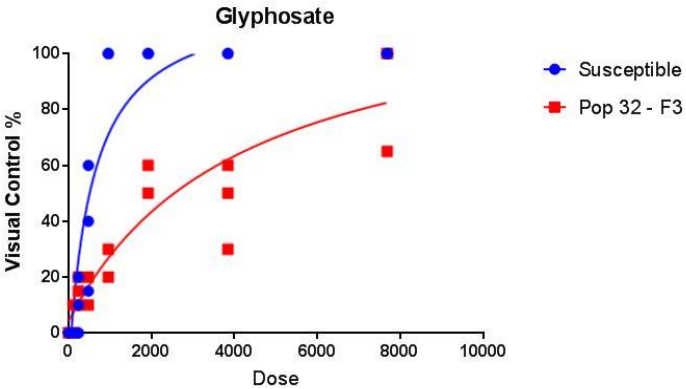
Figura 01: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (F1), resistência a glyphosate – Diamantino, MT.





Trat*: Test. 120 g, 240 g, 480 g, 960 g, 1920 g, 3840 g, 7680 g

Figura 02: Curva dose-resposta, biótipo 32-F2 (F2), susceptível à glyphosate – Diamantino, MT.



Trat*: Test. 120 g, 240 g, 480 g, 960 g, 1920 g, 3840 g, 7680 g

Figura 03: Curva dose-resposta, biótipo 32-F3 (F3), resistência à glyphosate – Diamantino, MT.

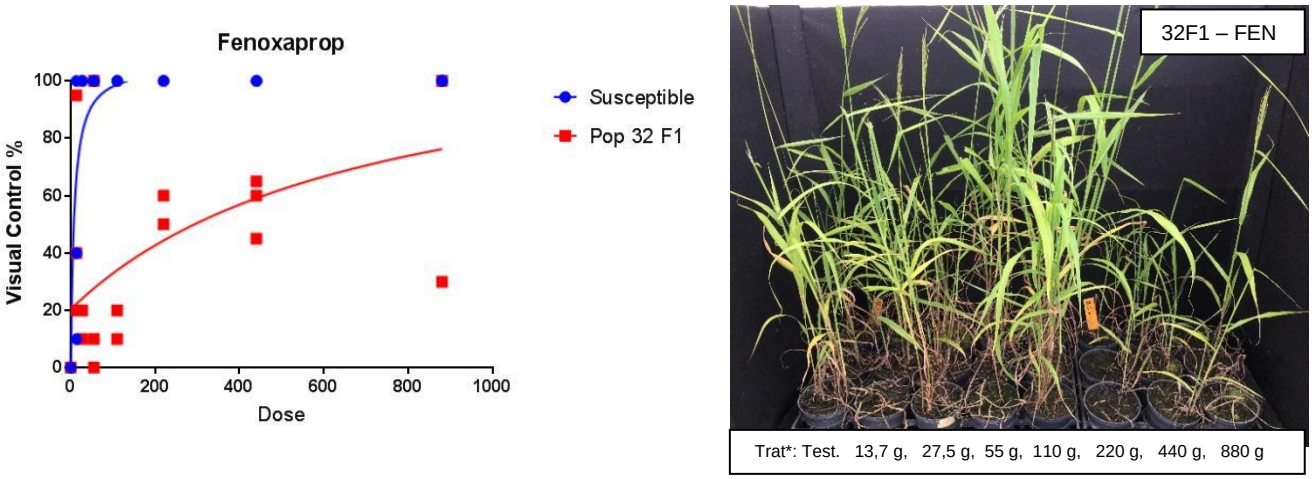


Figura 04: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (F1), resistência a fenoxaprop – Diamantino, MT.

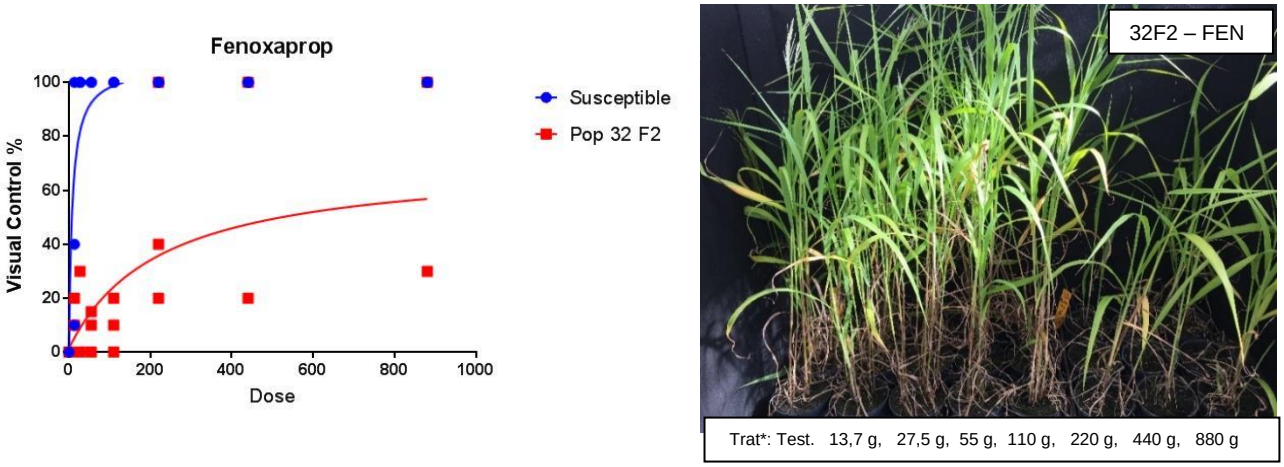


Figura 05: Curva dose-resposta, biótipo 32-F2 (F2), resistência a fenoxaprop – Diamantino, MT.

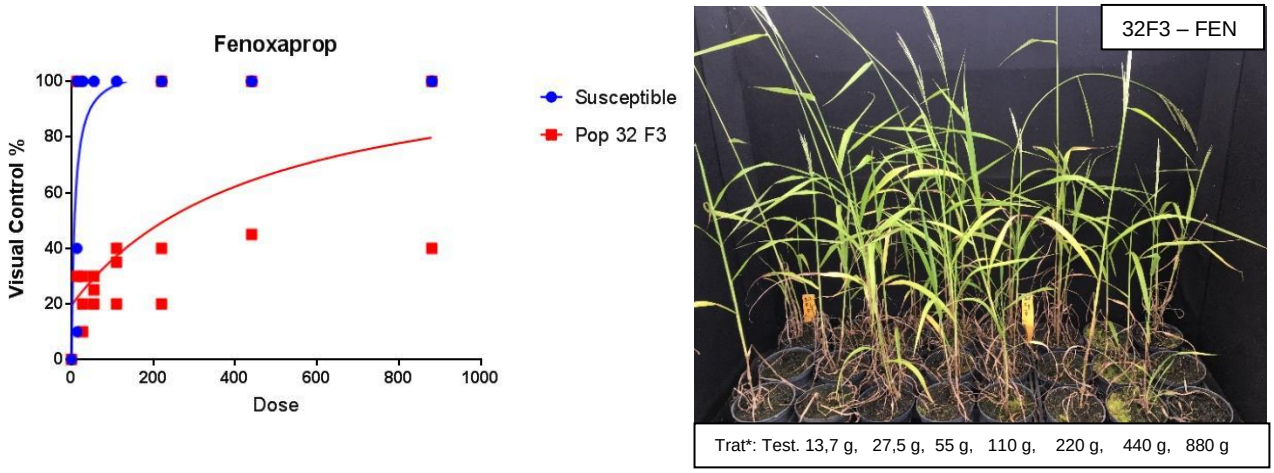


Figura 06: Curva dose-resposta, biótipo 32-F3 (F3), resistência a fenoxaprop – Diamantino, MT.

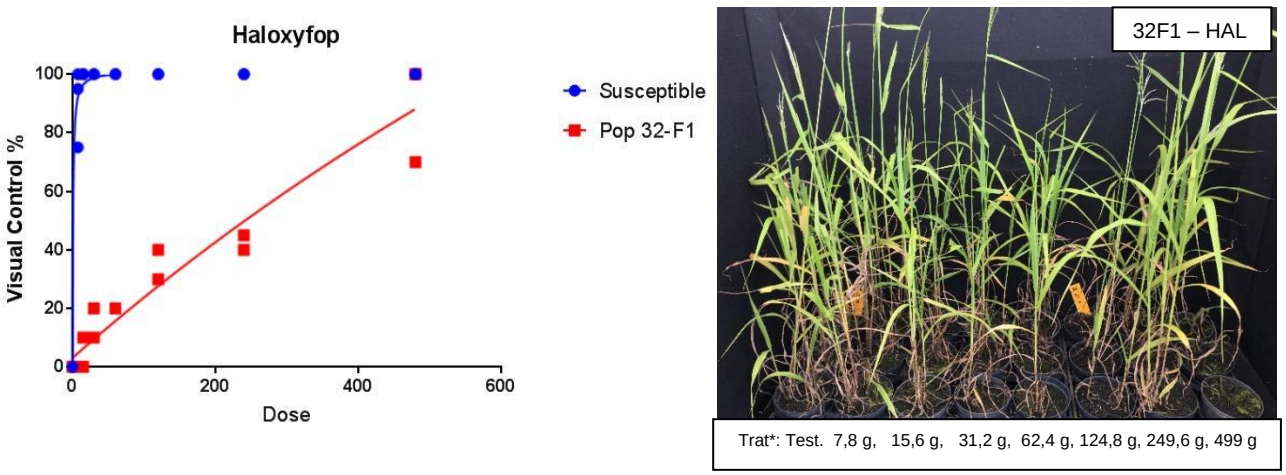


Figura 07: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (F1), resistência a haloxyfop – Diamantino, MT.

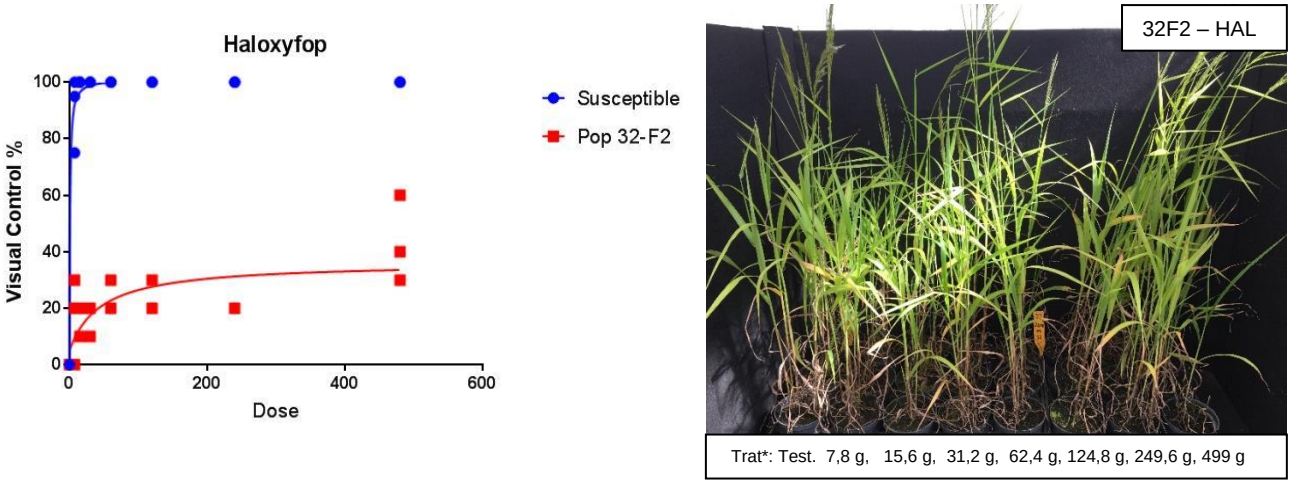


Figura 08: Curva dose-resposta, biótipo 32-F2 (F2), resistência a fenoxaprop – Diamantino, MT.

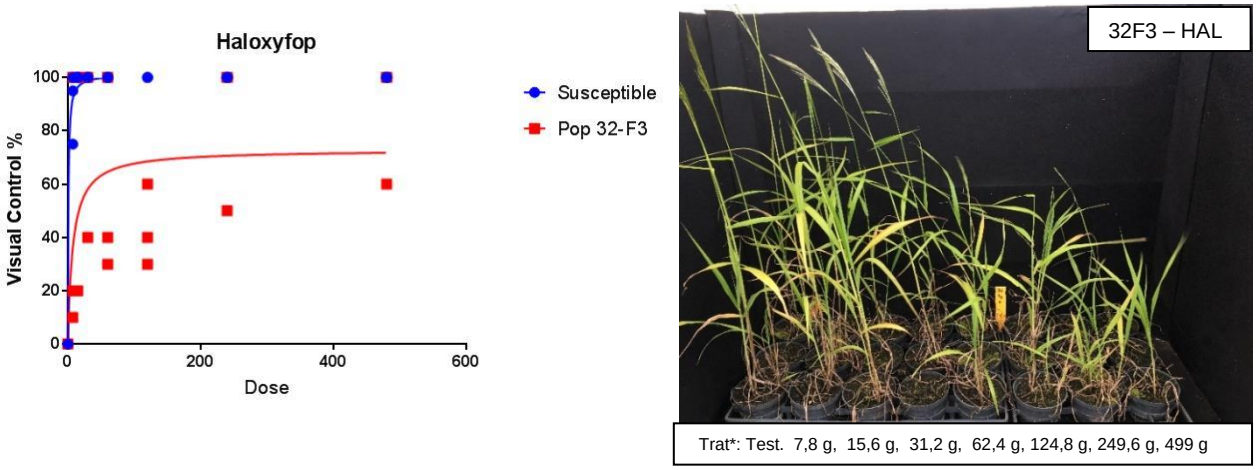


Figura 09: Curva dose-resposta, biótipo 32-F3 (F3), resistência a fenoxaprop – Diamantino, MT.

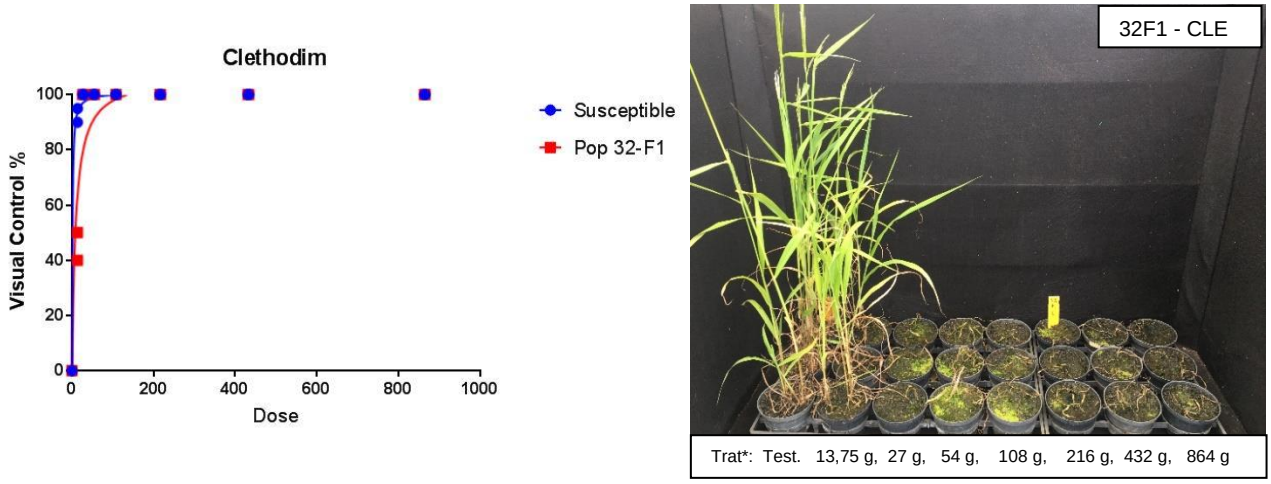


Figura 10: Curva dose-resposta, biótipo 32-F1 (F1), susceptível a clethodim – Diamantino, MT.

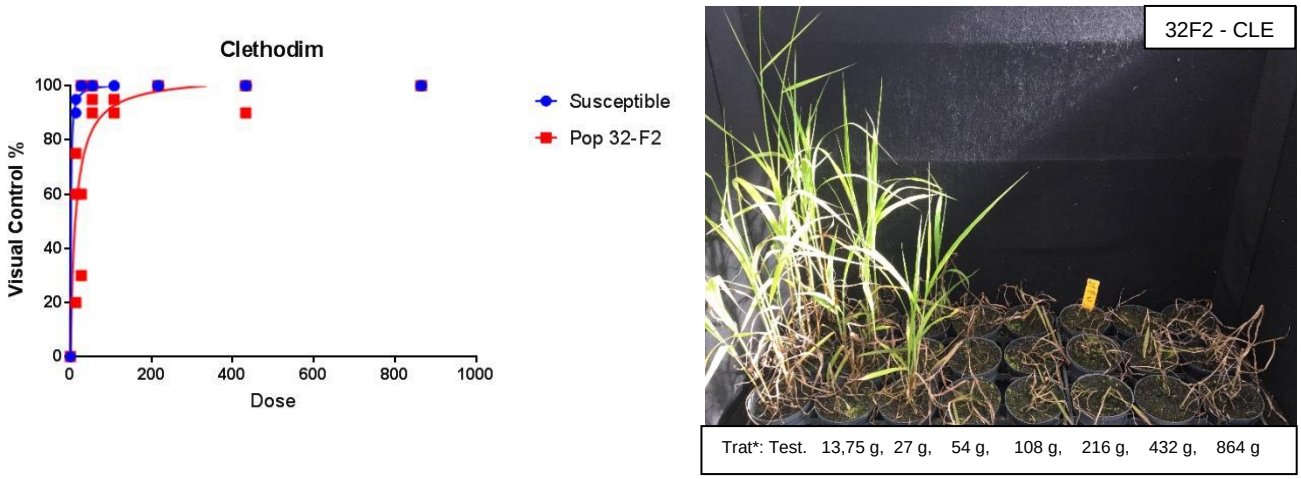


Figura 11: Curva dose-resposta, biótipo 32-F2 (F2), susceptível a clethodim – Diamantino, MT.

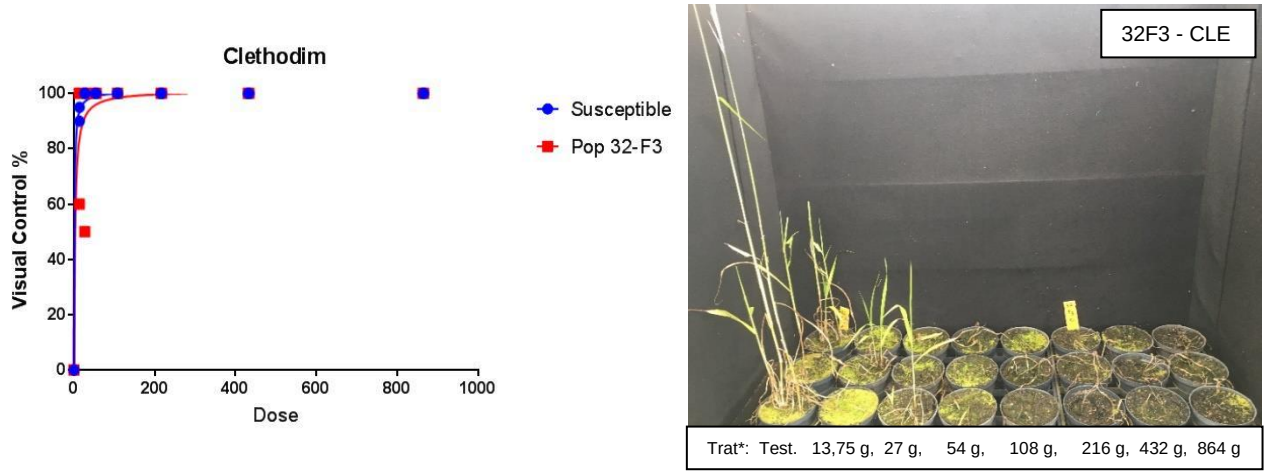


Figura 12: Curva dose-resposta, biótipo 32-F3 (F3), susceptível a clethodim – Diamantino, MT.

2.4. Conclusão

Não foi comprovada resistência aos herbicidas inibidores da ACCase do grupo químico dos Ciclohexanodionas, representado pelo Clethodim, sendo assim não apresentando resistência cruzada.

O estudo permitiu concluir que o biótipo 32F1 proveniente do município de Diamantino, estado do Mato Grosso apresentou resistência múltipla aos herbicidas Glyphosate, Fenoxaprop e Haloxyfop, pertencentes aos inibidores da EPSPs e ACCase, porém com variações nos fatores de resistência ao longo das gerações.

Referências

BORGATO, E. A. & NETTO, A. G. Resistencia múltipla e cruzada: Casos no Brasil e mecanismo de resistência de plantas daninhas a herbicidas, IN: Christoffoleti, P. J. & Nicolai, M (Coord.). **Aspectos de Resistencia de Plantas Daninhas a Herbicidas**. 4ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p.43.

BURGOS, N.R.; TRANEL, P.J.; STREIBERG, J.C.; DAVIS, V.M.; SHANER, D.; NORSWORTHY, J.K. E RITZ, C. Review: confirmation of resistance herbicides and evaluation of resistance. **Weed Science**, v. 61, n.1, p. 4-20, 2013.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. **RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS. PLANTA DANINHA**, 12:1, P.30-20, 1994.

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

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds.** Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 20 Agosto 2019.

SILVA, A.A.; FERREIRA, A.F; FERREIRA, L.R.; SANTOS J.B. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas.** Viçosa: Ed. UFV, p. 1-62, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e analise de experimentos com herbicidas. Londrina: **SBCPD**, 1995. 42p.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. **Procedimentos para a instalação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. 21 p.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Resistance and tolerance definitions. **Weed Technology**, Lawrence, v. 12, p. 789, 1998._. Disponível em: <http: //www.wssa.net>. Acesso em: 20 Agosto 2019.

3. GLUFOSINATO - SAL DE AMÔNIO COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) RESISTENTE AO HERBICIDA GLYPHOSATE E A INIBIDORES DE ACCASE

Resumo

O glufosinato – sal de amônio, vem sendo amplamente usado para o controle de plantas daninhas tolerantes e resistentes a herbicidas, especialmente resistentes a glyphosate. A *Digitaria insularis* que já possui biótipos resistentes ao glyphosate e também com possível seleção de biótipos resistentes à haloxyfop e fenoxaprop, porém ainda não comprovado a resistência ao clethodim. Assim é importante a busca de herbicidas alternativos com diferentes mecanismos de ação. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação e teve como objetivo elaborar curvas de dose-resposta da *Digitaria insularis* a doses de glufosinato – sal de amônio em três diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo, pós inicial (até um perfilho), pós mediano (dois a quatro perfilhos) e pós tardio (acima de quatro perfilhos). Conclui-se que no estádio de desenvolvimento pós inicial, tratamentos acima de 200 g i.a.ha^{-1} apresentaram eficácia satisfatória, já para o estádio de desenvolvimento pós mediano, doses acima de 400 g i.a.ha^{-1} foram altamente eficientes e aplicações em estádios de desenvolvimento pós tardio na dose de 400 g i.a.ha^{-1} apresentou eficácia considerando a IC80, e para se ter alta eficiência aplicações acima de 800 g i.a.ha^{-1} foi necessária.

Palavras-chave: Planta daninha; Manejo; Dose-resposta; Controle

Abstract

AMMONIUM GLUFOSINATE AS ALTERNATIVE HERBICIDE TO CONTROL SOURGRASS (*DIGITARIA INSULARIS*) GLYPHOSATE AND ACCASE INHIBITORS RESISTANT.

Ammonium glufosinate has been using widely to control tolerant and resistant weeds to herbicides, specially to glyphosate. Digitaria insularis that already has glyphosate resistant biotypes and also biotypes resistant to haloxyfop and fenoxaprop, but even not proved resistant to clethodim. Thus, is important to find alternatives herbicides with different mode of action. This study was conducted in green house and has as objective the elaboration the dose-response of ammonium glufosinate to control *Digitaria insularis* in three different growth stages, early post (until one tiller), mid post (two to four tiller) and late post (above of four tiller). Conclude that, in early post dose above 200 g i.a.ha^{-1} were efficient, in mid post application doses above of 400 g i.a.ha^{-1} showed efficacy and in late post application doses above of de 400 g i.a.ha^{-1} showed efficacy considering LD80 and to find a high efficacy application above of 800 g i.a.ha^{-1} needed.

Keywords: Weed; Management; Dose response; Control

3.1. Introdução

Digitaria insularis (L.) Fedde, cujo nome comum é capim-amargoso, é uma planta perene que forma touceiras através de seus rizomas (KISSMANN & GROTH, 1997). Tornou-se uma planta infestante de grande importância devido ao fato de algumas populações serem resistentes ao herbicida glyphosate. Propaga-se por sementes e também por rizomas. O controle químico de *Digitaria insularis* não é eficaz quando a planta está entouceirada, com os rizomas já formados (MACHADO et al., 2006)

Devido a esta situação, iniciou-se a utilização de herbicidas graminicidas para o controle desta planta daninha. Os inibidores de ACCase têm sido utilizados na dessecação pré-plantio para as culturas da soja e do milho e também são utilizados em pós emergência para a cultura da soja.

Com o aumento da utilização de herbicidas com este mecanismo de ação, a pressão de seleção tornou-se maior e a partir disto foram selecionadas algumas populações de *Digitaria insularis* com resistência aos herbicidas inibidores de ACCase. (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2016)

Com isto, é necessário a utilização de outros meios para o controle desta espécie, uma das soluções seria a utilização de herbicidas com outros mecanismos de ação, além de um manejo integrado de plantas daninhas., garantindo assim, que perdas devido a competição com esta planta daninha se reduzam.

Glufosinato – sal de amônio é um herbicida não seletivo do grupo químico dos aminoácidos, atua na inibição da glutamina sintetase (GS), onde o glufosinato – sal de amônio inibe a GS, provocando acumulo de amônia nas células das plantas, levando-as a morte, com o aumento de plantas daninhas resistente a herbicidas, como exemplo o glyphosate, o glufosinato – sal de amônio vem sendo recentemente amplamente usado para o manejo de plantas daninhas. (OLIVEIRA & BRUNHARO, 2016).

Uma das alternativas para o controle desta planta infestante está a sendo a utilização de produtos comerciais a base de glufosinato - sal de amônio, herbicidas com este composto como ingrediente ativo são herbicidas não seletivos de ação total com uso registrado para diversas culturas.

O glufosinato – sal de amônio deve ser aplicado quando as plantas estiverem em crescimento ativo, sendo que a partir do segundo dia após a aplicação já pode-se observar alguns sintomas de controle.

Por ser um herbicida de ação por contato, o glufosinato - sal de amônio pode ter seu nível de controle reduzido com ao longo de sua ação, isto ocorre por este herbicida não conseguir atuar nos órgãos de reserva, então para se conseguir uma boa eficácia este herbicida deve ser utilizados no início do desenvolvimento vegetativo da planta daninha.

A utilização deste herbicida em pós emergência associado com um manejo em pré-plantio com herbicidas como glyphosate tem trazido bons resultados. O manejo também deve envolver o uso de graminicidas pós-emergentes e alguns herbicidas que atuem como pré-emergentes.

Para o melhor entendimento é importante ressaltar curvas de dose-resposta bem como o estádio vegetativo da planta daninha, a curva dose-resposta deve ser utilizada para comparar a quantidade de composto com a proporção da população que apresenta um efeito positivo ou negativo. Com isto pode-se constatar a quantidade do ingrediente ativo necessária para que ocorra um controle eficaz da planta daninha.

Melo et al. (2017) estudando glufosinato – sal de amônio isolado e em associações para controle de *Digitaria insularis*, observou que quando se aplicou a dose de 600 g i.a.ha^{-1} do herbicida isolado apresentou alta eficiência no controle da planta daninha com dois perfilhos, superior a 80%.

Com isso o objetivo deste estudo foi avaliar curvas de dose-resposta do glufosinato – sal de amônio afim de obter a dose ideal para controle em três estádios de desenvolvimento vegetativo da *Digitaria insularis* (capim-amargoso).

3.2. Material e Métodos

Foram conduzidos 3 experimentos independentes para estudo da dose-resposta do herbicida Glufosinato – sal de amônio em 3 estádios de desenvolvimento vegetativo da planta daninha *Digitaria insularis* (capim amargoso).

Os experimentos foram realizados no município de Santa Barbara d’Oeste, estado de São Paulo, conduzido em casa de vegetação na estação experimental AGROCON durante os meses de fevereiro a abril de 2019.

Os experimentos foram realizados em vasos de plástico de 0,8 L contendo substrato, com a presença de 2 plantas da *Digitaria insularis* e em 3 estádios fenológicos de desenvolvimento vegetativo.

A população de *Digitaria insularis* utilizada é oriunda do município de Paulínia em São Paulo, cujas coordenadas geográficas são, Sul 22° 44’ 47,4’’ Oeste 47° 06’ 53,4’’.

As sementes da *Digitaria insularis* foram primeiramente semeadas em bandejas de plástico utilizadas como berçários, após o desenvolvimento inicial das plântulas foram coletadas e transplantadas para os vasos para a condução do experimento, foram transplantadas 2 plantas por vaso e assim aguardou seu pegamento.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e cada tratamento contendo 1 vaso com 2 plantas.

Os tratamentos estudados na dose-resposta foram compostos por 7 tratamentos herbicidas de Glufosinato – sal de amônio e 1 testemunha (sem tratamento herbicida).

Os tratamentos herbicidas foram aplicados através de pulverizador costal pressurizado por CO_2, trabalhando a pressão de constante de 30 psi, regulado para uma vazão de 200 L ha^{-1}. A barra de pulverização utilizada possuía um bico de aplicação equipados com ponta de pulverização do tipo “leque” XR110.015 VS.

As aplicações foram realizadas em 3 estádios de desenvolvimento vegetativo das plantas daninhas, estádio de desenvolvimento vegetativo inicial (até um perfilho), desenvolvimento vegetativo mediano (dois a quatro perfilhos) e estádio de desenvolvimento vegetativo avançado (acima de quatro perfilhos).

Foram utilizados os seguintes tratamentos herbicidas, em gramas de ingrediente (g i.a. ha^{-1}) ativo por hectare: glufosinato – sal de amônio (0 – testemunha, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600), respectivamente.

Após a aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada avaliação percentual visual de controle aos 7, 14, 28 dias após a aplicação (DAA), onde 0 representava ausência total de controle e 100 morte da planta, conforme metodologia proposta por Velini (1995).

Para análise estatística, os dados apresentados foram submetidos a análise de variância F e as medias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (BANZATTO & KRONKA, 2008).

Tabela 1: Valores conceituais para avaliação visual de controle na escala da SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas. (SBCPD, 1995).

% de Controle ou injúria	Descrição Conceitual
100 - 90%	Controle excelente, sem efeito sobre a cultura
89 - 80%	Controle bom, aceitável para a infestação da área
79 - 40%	Controle moderado, insuficiente para a infestação
39-10%	Controle deficiente ou inexpressivo
< 10%	Ausência de controle

Fonte: SBCPD, 1995.

3.3. Resultado e Discussão

Nas tabelas 2, 3 e 4 estão apresentados as médias de controle da planta daninha *Digitaria insularis* (capim-amargoso) resistente ao glyphosate, obtidos pela observação de controle visual (% de controle) oriundos das aplicações de glufosinato – sal de amônio descritos no material e métodos.

Tabela 2: Avaliação da eficiência de glufosinato – sal de amônio no controle de *Digitaria insularis* no estádio de desenvolvimento pós inicial (até 1 perfilho).

Tratamento	Dose de Glufosinato – sal de amônio (g i.a.ha^{-1})	Avaliação de Controle (%) *Digitaria insularis* 7 DAA	14 DAA	28 DAA
1	0	0	0	0
2	100	51 c	58 c	69 c
3	200	71 b	81 b	90 b
4	400	93 a	97 a	98 a
5	800	98 a	98 a	98 a
6	1600	98 a	98 a	99 a
Desvio Padrão		18,86	15,96	11,93
CV (%)		22,98	18,51	13,32

Tratamentos de Glufosinato – sal de amônio adicionado de Adjuvante a base de óleo metilado de soja a 0,5% v/v.

Os resultados ficam evidente que no estádio de desenvolvimento inicial, até um perfilho existe uma dose-resposta clara até 400 g i.a.ha^{-1}, porem de 400 a 1600 g i.a.ha^{-1} não apresentou dose-resposta ao nível de controle.

Para se ter o controle da IC80, a dose mínima empregada deve ser de 200 g i.a. ha^{-1} e as doses de 400 a 1600 g i.a. ha^{-1} não apresentou diferença estatística para os níveis de controle.

Aos 7 DAA os tratamentos herbicidas em desenvolvimento vegetativo inicial já se observam alto índice de controle, mostrando novamente a importância de aplicações em estádios iniciais de desenvolvimento.

Tabela 3: Avaliação da eficiência de glufosinato – sal de amônio no controle de *Digitaria insularis* no estádio de desenvolvimento pós mediano (2 a 4 perfilho).

Tratamento	Dose de Amônio-glufosinato (g i.a.ha^{-1})	Avaliação de Controle (%) *Digitaria insularis* 7 DAA	14 DAA	28 DAA
1	0	0	0	0
2	100	50 e	56 d	56 c
3	200	63 d	80 c	80 b
4	400	85 c	93 b	96 a
5	800	90 b	95 b	97 a
6	1600	95 a	99 a	99 a
Desvio Padrão		17,78	15,99	16,74
CV (%)		23,27	18,91	19,53

Tratamentos de Glufosinato – sal de amônio adicionado de Adjuvante a base de óleo metilado de soja a 0,5% v/v.

Os resultados permitem concluir que no estádio de desenvolvimento vegetativo mediano, de um a três perfilho existe uma dose-resposta clara até 400 g i.a.ha^{-1}, porém de 400 a 1600 g i.a.ha^{-1} não apresentou dose-resposta ao nível de controle.

Para se ter o controle da IC80, a dose mínima empregada deve ser de 200 g i.a. ha^{-1}, porem no limiar de controle, ficando mais claro e seguro a dose de 400 g i.a. ha^{-1}, e as doses de 400 a 1600 g i.a. ha^{-1} não apresentou diferença estatística para os níveis de controle.

Para se alcançar um controle com alta eficiência doses acima de 400 g i.a.ha^{-1}devem ser aplicados.

Aos 7 DAA os tratamentos herbicidas em desenvolvimento vegetativo mediano somente apresentaram eficiência as doses acima de 800 g i.a. ha^{-1}, já com 14 DAA e 28 DAA doses acima de 400 g i.a. ha^{-1} apresentou níveis satisfatórios de controle.

Tabela 4: Avaliação da eficiência de Glufosinato – sal de amônio no controle de *Digitaria insularis* no estádio de desenvolvimento pós tardio (3 a 4 perfilhos).

Tratamento	Dose de Glufosinato – sal de amônio (g i.a.ha^{-1})	Avaliação de Controle (%) *Digitaria insularis* 7 DAA	14 DAA	28 DAA
1	0	0	0	0
2	100	50 e	56 d	56 d
3	200	60 d	71 c	71 c
4	400	80 c	88 b	88 b
5	800	86 b	90 b	95 a
6	1600	95 a	98 a	99 a
Desvio Padrão		17,10	15,46	16,33
CV (%)		23,06	19,18	19,98

Tratamentos de Glufosinato – sal de amônio adicionado de Adjuvante a base de óleo metilado de soja a 0,5% v/v.

Observa-se que no estádio de desenvolvimento vegetativo avançado, acima de três perfilhos, existe uma clara dose-resposta para todos os tratamentos, com leve dose-resposta na dose de 800 e 1600 g i.a. ha^{-1}.

Para se ter o controle mínimo da IC80, a dose mínima empregada deve ser de 400 g i.a. ha^{-1}, porém abaixo da IC90 (alta eficiência).

Para se alcançar um controle com alta eficiência doses acima de 800 g i.a.ha^{-1}devem ser aplicados.

Aos 7 DAA os tratamentos herbicidas em desenvolvimento vegetativo mediano somente apresentaram eficiência as doses acima de 800 g i.a. ha^{-1}, já com 14 DAA e 28 DAA doses acima de 400 g i.a. ha^{-1} apresentou níveis satisfatórios de controle.

Fica evidente nos experimentos é que o estádio de desenvolvimento fenológico está diretamente ligado ao nível de controle bem como a dose do herbicida glufosinato – sal de amônio aplicado.

Vale acrescentar que embora o registro do produto glufosinato – sal de amônio no Ministério da Agricultura (MAPA, 2019) a faixa é de 300 g i.a.ha^{-1} a 800 g i.ha^{-1}, sendo que a faixa média de amplo registro e uso é de 400 g i.a.ha^{-1} e ainda que os estádios fenológicos em bula para controle de *Digitaria insularis* a faixa de aplicação é de pós inicial a pós mediano e a faixa de uso empregada é de 400 a 700 g i.a.ha^{-1}.

Conforme apresentado por Frans et al. (1986), o controle de 80% médios de um herbicida sobre determinada planta daninha é o mínimo necessário para que esta não interfira sobre a cultura de interesse.

Melo et al. (2017) mostrou em estudo que no controle de *Digitaria insularis* quando herbicidas aplicados no estádio de 1 a 2 perfilhos, os tratamentos que obtiveram melhores controles e apresentando médias de controle acima de 80% aos 28 DAA, foram glufosinato – sal de amônio (600 g ia.ha^{-1}), glufosinato - sal de amônio + fenoxaprop (600+110 g ia.ha^{-1}), glufosinato – sal de amônio + clethodim (600+108 g ai.ha^{-1}), glufosinato – sal de amônio + clorimuron (600+20 g i.a.ha^{-1}), glufosinato – sal de amônio + tembotrione (600+100,8 g ia.ha^{-1}), glufosinato – sal de amônio + atrazine (600+3000 g i.a.ha^{-1}), glufosinato - sal de amônio + glyphosate (600+1440 g i.a.ha^{-1}), glufosinato - sal de amônio + paraquat (600+600 g ia.ha-^{1}) e glufosinato – sal de amônio + paraquat + diuron (600+600+300 g ia.ha^{-1}).

No início do desenvolvimento, as plantas de *Digitaria insularis* são mais facilmente controladas. Dornelles et al. (2004) verificou níveis de controle acima de 85% com a utilização de atrazine, mesotrione e nicosulfuron quando as plantas se encontravam no estádio de 3 a 4 folhas. Já Adegas et al. (2010) demonstraram que quando empregados clethodim, fluazifop-p-buthyl, fenoxaprop-pethyl, tepraloxydim, [clethodim+fenoxaprop-pethyl], paraquat, haloxyzafop-methyl e imazapyr em plantas de capim-amargoso com até dois perfilhos é possível obter níveis de controle superiores a 90%.

Quando se trata de plantas em estádio avançado de desenvolvimento chegando até o florescimento observam-se níveis de controle próximos a 50% com a utilização de [paraquat + diuron], porém com elevada ocorrência de rebrota (Procópio et al., 2006).

3.4. Conclusão

O presente estudo permite concluir que todos os tratamentos com doses superiores a 400 g i.a.ha^{-1} foram eficientes no controle de *Digitaria insularis* nos 3 estádios de desenvolvimento vegetativos considerados, sendo eles pós inicial, pós mediano e pós tardio, considerando a IC80.

A alta eficiência, IC90, dentro da dose de registro do produto glufosinato – sal de amônio, 300 a 700 g i.a.ha^{-1} (MAPA, 2019) apresentou controle alta eficiência

somente nos estádios de desenvolvimento vegetativo em pós inicial e pós mediano, assegurando o momento correto do uso do produto.

Para os estádios de desenvolvimento pós inicial, tratamentos acima de 200 g i.a.ha^{-1} apresentaram eficácia satisfatória.

No estádio de desenvolvimento pós mediano, doses acima de 400 g i.a.ha^{-1} foram altamente eficientes.

Para aplicações em estádios de desenvolvimento pós tardio na dose de 400 g i.a.ha^{-1} apresentou eficiência considerando a IC80, e para se ter alta eficiência aplicações acima de 800 g i.a.ha^{-1} é necessária.

Referências

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. DO N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: UNESP, 2008. 237 p.

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. (Ed.). **Research methods in weed science**. 3.ed. Champaign: Southern Weed Science Society, p.29-46, 1986. p.29-46.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; BELCHIOR, G.G.; MAYMONE, G.P.L. Resistência das plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p. 77-97.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 2. ed., Tomo I, 1997, 825p.

MACHADO, A. F. L. ET AL. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE *DIGITARIA INSULARIS*. **PLANTA DANINHA**, V. 24, N. 4, P. 641-647, 2006.

MAPA - **Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento** – SISLEGIS, Sistema de Consulta à Legislação. Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis. Acesso em: 26 Julho 2019.

MELO, M.S.C.; ROCHA, L.J.F.N.; SPINELLI, S.; NIGRO, D.; ADORYAN, M.L. XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja. **Comissão de Plantas Daninhas**, P. 221, 2017.

MELO, M.S.C.; Levantamento de ocorrência, alternativas de manejo, mecanismos de resistência e herança genética do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao herbicida glyphosate**. Tese de Doutorado,** ESALQ/USP, 2015.

OLIVEIRA, T.; BRUNHARO, C.A.C.G. Resistência das plantas daninhas a herbicidas inibidores da glutamina sintetase. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: HRAC-BR, 2016. p. 193-206.

PROCÓPIO, S.O. et al. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.193-197, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e analise de experimentos com herbicidas. Londrina: **SBCPD**, 1995. 42p.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. **Procedimentos para a instalação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. 21 p.