

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
CURSO DE AGRONOMIA**

**RESISTÊNCIA DE *ELEUSINE INDICA* (L.) GAERTNER AOS
HERBICIDAS INIBIDORES DA ACCASE E EPSPS EM MUNICÍPIOS
DO MÉDIO-NORTE MATO-GROSSENSE**

FELÍCIO AGUIAR BERGAMIN

**SINOP – MT
MAIO – 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
CURSO DE AGRONOMIA**

**RESISTÊNCIA DE *ELEUSINE INDICA* (L.) GAERTNER AOS
HERBICIDAS INIBIDORES DA ACCASE E EPSPS EM MUNICÍPIOS
DO MÉDIO-NORTE MATO-GROSSENSE**

FELÍCIO AGUIAR BERGAMIN

PESQ. DR. SIDNEI DOUGLAS CAVALIERI (Orientador)

PROF^a. DR^a. SOLENIR RUFFATO (Co-orientadora)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Mato Grosso, *campus* de Sinop, como parte das exigências do Curso para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

**SINOP – MT
MAIO – 2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B493r Bergamin, Felício Aguiar Bergamin.
RESISTÊNCIA DE ELEUSINE INDICA (L.)
GAERTNER AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA
ACCASE E EPSPS EM MUNICÍPIOS DO MÉDIO-NORTE
MATO-GROSSENSE [recurso eletrônico] / Felício Aguiar
Bergamin Bergamin. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 43 f.,
il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Sidnei Douglas Cavaliere Cavaliere.
Coorientadora: Solenir Rufato Rufato.
TCC (graduação em Agronomia) - Universidade
Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e
Ambientais, Sinop, 2023.

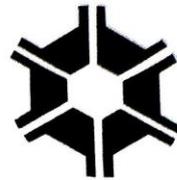
Modo de acesso: World Wide Web:
<https://bdm.ufmt.br>.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: Resistência de *Eleusine indica* (L.) Gaertner aos herbicidas inibidores da ACCase e EPSPs em municípios do Médio-Norte mato-grossense.

ACADÊMICO: Felício Aguiar Bergamin

ORIENTADOR: Dr. Sidnei Douglas Cavalieri

CO-ORIENTADORA: Profa Dra Solenir Ruffato

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Sidnei Douglas Cavalieri
Orientador

Profa Dra Solenir Ruffato
Co-orientadora

Dra. Fernanda Satie Ikeda
Membro

DATA DA DEFESA: 23 de maio de 2023

Ao meu amado filho **Samuel Schmitt Aguiar** (*in memoriam*), porquanto nunca antes, sem dizer palavras, alguém me ensinou tanto em tão breves dias.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, o Criador, por me conceder sabedoria na adversidade, força na angustia, graça e paz nos meus dias para condução das missões a mim confiadas.

Aos meus queridos pais **Aparecido Sirineu Mendes de Aguiar** e **Rosilei Bergamin Aguiar**, pela condução primária da moral e ética que formou meu caráter. Por todo incentivo, conselhos, compreensão e amor, meu sincero reconhecimento.

À minha amada esposa **Jhenyffer das Graças Schmitt Aguiar**, pois, como a melhor das esposas, foi meu alicerce emocional nas dificuldades. É tamanha as virtudes que possui, seria incapaz de descrever, mas profundamente as reconheço e sou imensamente grato.

À **Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)**, *campus* de Sinop, e ao Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), pela oportunidade de formação profissional.

À **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**, em especial a EMBRAPA Agrossilvipastoril, pelo fornecimento de toda infraestrutura necessária para realização deste trabalho.

Ao **CNPq**, por disponibilizar apoio financeiro por meio da bolsa de iniciação científica (PIBIC).

À multinacional **Bayer Crop Science**, empresa parceira, por fornecer e financiar os recursos necessários para condução dos experimentos.

Ao pesquisador **Dr. Sidnei Douglas Cavalieri**, pelos ensinamentos durante todo o processo de orientação, pela paciência, sinceridade, confiança, amizade e a oportunidade que deu origem a este trabalho.

À professora **Dr^a. Solenir Ruffato**, que de prontidão aceitou o desafio da co-orientação, pelo exemplo pessoal e profissional e pela colaboração em pontos essenciais na execução deste trabalho.

À pesquisadora **Dr^a. Fernanda Satie Ikeda**, por colaborar com seu conhecimento e experiência na condução e elaboração dos experimentos.

Ao técnico **André Luís Filipiake**, por conduzir todas as operações de aplicação dos experimentos, por toda paciência, compreensão e convívio amigável.

Ao professor **Ednaldo Antônio de Andrade**, por prontamente me auxiliar com os programas e dados estatísticos.

Aos amigos que colaboraram diretamente nos trabalhos, **Helen Maila Gabe Woiland**, **Fernando Brentel Sanchez**, **Ana Carolina Aprigio**, **Thiago Deomar Ludwig**, **Rafael Prado**, **Gabrieli Mocelin** e **Clara Sguario**.

Aos grandes amigos **Pedro Augusto Holnik Quinteiro**, **Fernando Brito da Silva** e **Jucimar Alves de Souza**, pela amizade construída ao longo desta jornada, por sempre me incentivar, pelo companheirismo e por compartilhar momentos importantes comigo.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Conceito de plantas daninhas	13
2.2 Biologia das plantas daninhas	13
2.3 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner (capim-pé-de-galinha)	14
2.4 Resistência de plantas daninhas aos herbicidas.....	15
2.5 Inibidores da EPSPs (Enol-piruvil-chiquimato-fostato sintase)	16
2.6 Inibidores da ACCase (Acetil-CoA Carboxilase)	17
2.7 Critérios para relatos de resistência.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Coletas e ensaios de <i>screening</i>	19
3.2 Experimentos de curva de dose-resposta	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Ensaios de <i>screening</i>	23
4.2 Experimentos de curva de dose-resposta	27
5 CONCLUSÕES	36
6 RECOMENDAÇÕES	37
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

RESUMO

Em 2003, foi relatado o primeiro caso de resistência de *Eleusine indica* (L.) Gaertner (capim pé-de-galinha) a herbicidas no Brasil, pertencente ao grupo químico dos inibidores da ACCase (Acetil-CoA carboxilase). Em seguida, após a liberação comercial da tecnologia Roundup Ready® em 2005, foram registrados casos de resistência dessa espécie ao glyphosate. Assim, diante dos relatos de escapes a tratamentos com inibidores da ACCase e também EPSPs nas áreas agrícolas, objetivou-se com este trabalho identificar e relatar possíveis casos de resistência de biótipos de *E. indica* coletados em municípios da região Médio-Norte mato-grossense aos herbicidas clethodim, haloxyfop-R-methyl e glyphosate. Para tanto, foram avaliados 26 biótipos coletados em Ipiranga do Norte, Lucas do Rio Verde, Nova Ubiratã, Sorriso, Tapurah e Vera. Para cada biótipo foram realizados ensaios de *screening* com a aplicação da dose recomendada para controle da espécie nas culturas de soja e algodão: clethodim (108 g ha⁻¹), haloxyfop-R-methyl (60 ha⁻¹) e glyphosate (1.440 g ha⁻¹). Os biótipos sobreviventes dos *screenings* foram selecionados para condução de experimentos de curvas de dose-resposta. Os experimentos foram compostos por 11 doses de glyphosate e haloxyfop-R-methyl (0D, 1/32D, 1/16D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D, 4D, 8D e 16D) ou 9 doses de clethodim (0D, 1/32D, 1/16D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D e 4D) com seis repetições, onde D é a dose recomendada. Dos 26 biótipos avaliados, 20 foram suspeitos de resistência a pelo menos um herbicida, sendo um para clethodim, 19 para haloxyfop-R-methyl, e seis para glyphosate. Há ocorrência de um biótipo com resistência múltipla ao herbicida glyphosate e haloxyfop-R-methyl, coletado no município de Sorriso-MT. Além desse, outros dois biótipos confirmaram resistência simples ao herbicida haloxyfop-R-methyl, coletados em Tapurah-MT. Não houve resistência confirmada ao clethodim.

PALAVRAS-CHAVE: capim pé-de-galinha, curva de dose-resposta, inibidores da EPSPS, inibidores da ACCase.

ABSTRACT

In 2003, the first *Eleusine indica* (L.) Gaertner (Goosegrass) resistance case was reported to herbicides in Brazil, to ACCase-inhibiting (Acetyl-CoA carboxylase) herbicides. Moreover, after the commercial release of the Roundup Ready® technology in 2005, cases of resistance of this species to glyphosate were registered. Thus, in view of the reports of escapes from treatments with ACCase-inhibiting and also EPSPs in agricultural areas, the objective of this work was to identify and report the resistance of *E. indica* biotypes collected in counties in the Middle-North region of the state of Mato Grosso to clethodim, haloxyfop-R-methyl and glyphosate herbicides. For this purpose, 26 biotypes collected in Ipiranga do Norte, Lucas do Rio Verde, Nova Ubiratã, Sorriso, Tapurah e Vera were evaluated. For each biotype, screening tests were carried out with the application of the recommended dose to control the species in soybean and cotton crops: clethodim (108 g ha⁻¹), haloxyfop-R-methyl (60 ha⁻¹) and glyphosate (1,440 g ha⁻¹). Surviving biotypes from screenings were separated to conduct dose-response curve experiments. The experiments were composed of 11 doses of glyphosate and haloxyfop-R-methyl (0D, 1/32D, 1/16D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D, 4D, 8D and 16D) or 9 clethodim doses (0D, 1/32D, 1/16D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D and 4D), where D is the recommended dose. Of the 26 biotypes evaluated, 20 were suspected of resistance to at least one herbicide, one for clethodim, 19 for haloxyfop-R-methyl, and six for glyphosate. There is occurrence of a biotype with resistance multiple to the herbicide glyphosate and haloxyfop-R-methyl, collected in the counties of Sorriso-MT. In addition to this, two other biotypes confirmed simple resistance to the herbicide haloxyfop-R-methyl, collected in Tapurah-MT. There has been no confirmed resistance to clethodim.

KEY-WORDS: Goosegrass, dose-response curve, EPSPs-inhibitor, ACCase-inhibiting

INTRODUÇÃO

O aumento de preços dos herbicidas associado à problemática de resistência de plantas daninhas preocupa os produtores rurais, pois a competição interespecífica entre planta cultivada e invasora pode causar perda de produtividade potencial das culturas e refletir na lucratividade das lavouras, dificultar a colheita, contaminar o produto, sendo eles grãos ou plumas, reduzindo seu valor comercial (FREITAS *et al.*, 2002; RAIMONDI *et al.*, 2014; RIZZARDI *et al.*, 2022).

Apesar das produtividades crescentes no estado de Mato Grosso, tanto de algodão quanto de soja, os custos aumentam a cada ano agrícola. O custo de produção da cultura do algodão na safra 2022/2023 aumentou em 25,23% em relação à safra anterior. A soja seguiu a mesma tendência, passando de 5 mil para 7 mil reais de custo médio de produção por hectare. Os custos com defensivos na cotonicultura, por exemplo, que são mais altos em relação a soja, aumentaram em 24% e nesse grupo os mais expressivos foram os herbicidas com 76% de aumento percentual segundo o IMEA (2023).

Nesse cenário, dentre as espécies invasoras que infestam as áreas com sistemas produtivos de grãos e fibra, uma das protagonistas é a *Eleusine indica* (L.) Gaert. (capim-pé-de-galinha), planta que apresenta metabolismo fotossintético C4, de ciclo anual que pode produzir até 120.000 sementes. A espécie tem hábito de crescimento ereto ou semiprostrado e pode se alongar dependendo da luminosidade e ambiente. A espécie é pouco exigente em solo e se adapta em ampla faixa de pH, características que garantem a ela uma alta competitividade com as culturas de interesse (BRIGHENTI, 2010).

Essa espécie está inquietando os produtores mato-grossenses, isso porque há relatos recorrentes de biótipos sobreviventes no campo após o controle químico. A preocupação é justificada pela incidência de alguns biótipos de *E. indica* resistentes a herbicidas no Brasil desde 2003, entre os quais o primeiro registro de resistência ao glyphosate em 2016 (TAKANO *et al.*, 2017), o registro de resistência múltipla aos inibidores de ACCase (FOP's) e EPSPs em 2017 (CORREIA *et al.*, 2022). Mais recentemente, em 2022, houve o relato envolvendo o herbicida clethodim em resistência múltipla com glyphosate e cruzada com haloxyfop-methyl (NUNES *et al.*, 2022). A resistência ao clethodim é considerada inédita no Brasil (HEAP, 2023).

Portanto, os produtores de Mato Grosso estão enfrentando um problema já constatado em outros países desde a década de 1970, pois há até o momento, 37 casos registrados de resistência a nível mundial de *E. indica* a herbicidas. O primeiro caso ocorreu com trifluralina em 1973 no Estados Unidos, e posteriormente foram encontrados biótipos resistentes em 13 países à diversos herbicidas, o último na Itália em 2019, ao glyphosate. Apesar do número expressivo de relatos de resistência de *E. indica* aos inibidores da ACCase, há apenas dois

registros de resistência ao clethodim no mundo, um catalogado na Bolívia para as culturas do arroz, soja e trigo, e a outra ainda não catalogada no “*The International Herbicide-Resistant Weed Database*”, mas publicada recentemente em periódico científico (NUNES *et al.*, 2022). Essa é uma das principais moléculas atualmente utilizadas no estado do Mato Grosso como alternativa de controle de *E. indica* (HEAP, 2023).

De acordo com Andrade (2018), no Mato Grosso, os produtores estão recorrendo aos inibidores da ACCase para controlar *E. indica* na maioria das áreas com cultivares de algodoeiro convencionais ou resistentes ao herbicida amônio-glufosinato. O referido autor também relata que apesar das cultivares resistentes ao glyphosate serem uma opção no sistema agrícola por possibilitar a aplicação desse herbicida, já existem biótipos resistentes à molécula no Estado, aumentando a importância do monitoramento de novos casos de biótipos resistentes em outras regiões.

Em uma situação em que o produtor tem plantas daninhas resistentes em sua propriedade, o custo com herbicidas pode ser maior em razão da necessidade de trabalhar com moléculas alternativas, e esse custo pode variar dependendo do tipo de resistência que a planta apresenta, e da espécie em questão, pois cada uma exigirá alternativas diferentes. Para *Digitaria insularis* (capim-amargoso), por exemplo, o custo pode aumentar até 165% (ADEGAS *et al.*, 2017). Esse aumento observado pelo autor considera somente o custo direto com herbicidas alternativos, mas há ainda aqueles indiretos relacionados a outros fatores, como o atraso da janela de semeadura pela necessidade de aplicações sequenciais, requerendo maior número de operações, implicando em maior desgaste do equipamento e custo em combustível (LOPES, 2019; MACHINESKI *et al.*, 2019).

Portanto, pesquisadores de instituições de pesquisa como a EMBRAPA, Fundação MT, Instituto Mato-grossense do Algodão, Universidades e empresas multinacionais de agroquímicos têm buscado monitorar a ocorrência de biótipos de *E. indica* resistentes em Mato Grosso aos herbicidas inibidores da EPSPs e ACCase, amplamente utilizados no Estado. O monitoramento tem como propósito trazer informações sobre os biótipos sobreviventes (escapes) após a pulverização, uma vez que podem derivar de falhas de pulverização, dose ou condições ambientais inadequadas no momento da aplicação, ou devido à variabilidade genética natural das plantas, em que biótipos mais tolerantes sobrevivem ao tratamento com determinados herbicidas e perpetuam essa característica ocupando o lugar dos indivíduos suscetíveis, selecionando indivíduos resistentes ao longo dos anos por meio da pressão de seleção (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2016).

Logo, ao se adotar práticas adequadas de manejo após a identificação precoce de biótipos resistentes a herbicidas, o controle é favorecido, pois evita o aumento da população resistente ou mesmo sua disseminação em áreas isentas do problema (TAKANO *et al.*, 2017), caso contrário, densas populações com alto fator de resistência podem inviabilizar o cultivo

na área infestada, aumentando o custo de controle, ou reduzindo drasticamente a produtividade da cultura ao conviver com a infestação durante o período crítico de prevenção à interferência (PCPI). Em não afetando a produtividade, podem inviabilizar a colheita mecanizada quando há alta densidade na população ou mesmo disseminar biótipos resistentes inviabilizando outras áreas.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho identificar e relatar a resistência de biótipos de *E. indica* coletados em municípios da região Médio-Norte do estado de Mato Grosso aos herbicidas clethodim, haloxyfop-R-methyl e glyphosate.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito de plantas daninhas

A definição de planta daninha é discutida por inúmeros cientistas a décadas, e como cita Baker (1974), há muitas definições. No entanto, essas entram em consonância em um ponto, sendo plantas que de alguma maneira interferem na atividade humana, seja qual for, direta ou indiretamente.

Frequentemente, esse termo é questionado por outros pesquisadores, geralmente de outras áreas de atuação que não os que buscam controlar essas plantas, e defendem a ideia de que não há planta daninha, pois, uma planta que causa danos em uma determinada situação, pode ser benéfica em outra, como servir de medicamento, ciclagem de nutrientes, e outras funções, sugerindo termos mais adequados (SILVA *et al.*, 2010).

Em algumas das tentativas de nomear essa categoria, o Dr. Paulo Nogueira de Camargo (ESALQ/USP, Piracicaba-SP) propôs o termo *mato*, que etimologicamente é correto, no entanto se refere a um coletivo de plantas e não a uma categoria específica ou população, e ainda sugeriu o termo *mato-espécie*. Outro contemporâneo que ousou sugerir um termo foi o Dr. Giorgio de Marinis (UNESP, Rio Claro-SP), propondo o termo *malerba*, pouco comum e de origem latina, refere-se a plantas que podem vir a danificar a atividade ou ambiente humano (PITELLI, 2015).

Outro aspecto recente que deve ser analisado ao definir as plantas daninhas são os consórcios. Quando limitamos o conceito apenas a plantas que causam danos interferindo direta ou indiretamente nas atividades humanas, pode-se enquadrar sistemas mistos de cultivo. Autores como Severino *et al.* (2005) em um estudo de cultivo de milho com forrageiras, mostram que certamente as forrageiras reduzirão a produtividade do milho mesmo que em escalas mínimas se manejadas corretamente, ou seja, proporcionam um certo dano econômico, no entanto são desejadas no sistema, pois podem trazer benefícios futuros que compensarão a perda financeira momentânea.

Então, na amplitude das definições e termos que nomeiam essa classe de plantas, seja ele planta invasora, planta exótica, inço, entre outros, são consideradas daninhas as plantas que ocorrem indesejavelmente em alguma atividade humana.

2.2 Biologia das plantas daninhas

No título “A origem das espécies”, Darwin descreve as notas tomadas após uma viagem a bordo do Beagle e sua teoria evolucionária que segundo as palavras dele, convergem com as de Lamarck, embora os meios de evolução sejam explicados de maneira totalmente diferente, introduzindo assim a ideia de seleção natural (DARWIN, 1872).

A teoria evolucionária de Darwin é adotada por vários autores, no entanto é questionada por muitos outros (BEHE, 1997; MEYER *et al.*, 2013). Diferente da seleção natural, que se tornou consenso na ciência por inúmeras evidências, inclusive sendo extremamente importante dentro da biologia das plantas daninhas, conferindo a elas características ímpares.

A variabilidade genética naturalmente permite a seleção das espécies mais adaptadas aos ambientes em que vivem, conferindo determinada capacidade competitiva entre as espécies visando a perpetuação, mas ao longo dos anos, o homem abandonou a prática extrativista e começou a selecionar as espécies de interesse artificialmente, diminuindo sua agressividade e incrementando a produtividade. Assim, as plantas daninhas são altamente competitivas em meio às culturas comerciais quando em igualdade de ambiente (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2011).

Como as plantas daninhas foram selecionadas naturalmente pela capacidade de resiliência, focadas em perpetuação da espécie, elas possuem características que as tornam altamente competitivas. São plantas que investem seus recursos em raízes e tem eficiência na produção de disseminulos, aumentando sua capacidade de propagação e se tornando altamente competitivas por água e nutrientes (SILVA *et al.*, 2010).

A drenagem de recursos para crescimento da raiz torna as plantas daninhas altamente eficientes na absorção de água e nutrientes pelo baixo potencial hídrico criado no interior da raiz, permitindo a absorção de água em solos com baixa reserva hídrica, removendo a água do solo em tensões bem maiores, motivo pelo qual o ponto de murcha permanente das plantas daninhas é bem menor que das plantas cultivadas (KERBAUY, 2012).

As plantas daninhas também são altamente eficientes em brotar após alguma adversidade, pelo mesmo motivo, o acúmulo de amido nas raízes permite a elas terem eficiência energética para se recuperarem após um corte de parte aérea, mesmo que significativo. Geralmente, esse tipo de situação ocorre na colheita em plantas perenizadas, ou após uma dessecação ou estresse causado por algum tipo de manejo (TIMOSSI *et al.*, 2006).

A desuniformidade no processo germinativo geralmente causado pela dormência ou outros mecanismos também é característico. Vários fluxos germinativos acontecem em períodos diferentes, além das adaptações morfológicas que permitem uma disseminação eficiente no ambiente por meio dos mais variados vetores, garantindo uma ótima distribuição no espaço e no tempo (VIVIAN *et al.*, 2008).

2.3 *Eleusine indica* (L.) Gaertner (capim-pé-de-galinha)

E. indica é considerada uma das espécies de plantas daninhas mais problemáticas existentes na agricultura atual e uma das mais importantes no Brasil. Está presente em regiões tropicais e subtropicais e em quase todos os continentes, incluindo-se Ásia, África,

algumas regiões do pacífico e nas américas, sendo relatada em 46 culturas em 60 países diferentes (CHAUHAN *et al.*, 2008, LUCIO *et al.*, 2019).

Refere-se a uma planta diploide de metabolismo fotossintético C4, anual e rizomatosa, que pode produzir cerca de 120.000 sementes por planta ou mais dependendo do solo e clima, com alta capacidade de manter suas sementes viáveis durante um longo período após a maturação, em condições de variância de temperatura e luminosidade, pode atingir até 99% de germinação, entretanto em condições de temperaturas constantes, pode ser reduzida à 10% (JALALUDIN, 2010; TAKANO *et al.*, 2016).

No Brasil, a *E. indica* pode ser encontrada em todas as regiões, de norte a sul no país. Sua morfologia consiste em folhas com bainhas compactas e lâmina lanceolada estriada que se concentra na base do colmo que é ereto e achatado na base. Os nós são capazes de produzir raízes, que são finas e fibrosas podendo ser elas adventícias ou não. Sua inflorescência possui espiguetas longas e estreitas, verticiladas no ápice do colmo e um dos ramos se insere abaixo dos outros. As sementes são pequenas e possuem estrias finas, tem coloração escurecida e bordas ovaladas (SCHERER, 2017).

Sobre o crescimento, Takano (2016) observou que o acúmulo de matéria seca é exponencial depois de 37 dias após a emergência (DAE), período que pode ser altamente competitiva com a cultura. O mesmo autor relata que esse período pode variar em caso de competição interespecífica e que o perfilhamento ocorre aos 9 DAE, depois do surgimento da terceira folha, com perfilhamento intenso até os 53 DAE. Para a maioria dos herbicidas, recomenda-se a aplicação em plantas com até 3 perfilhos, estágio atingido aos 13 DAE. Takano ainda relata que a espécie produziu sementes com aproximadamente 38 DAE e encerrou o ciclo com 120 DAE.

2.4 Resistência de plantas daninhas aos herbicidas

Naturalmente, existe variabilidade genética entre indivíduos de uma mesma espécie, que se expostos a determinado herbicida, podem apresentar suscetibilidade ao tratamento, ou seja, alto grau de injúria levando a sua morte, ou tolerância, devido à uma característica inata da planta, essa sobrevive a uma dose de herbicida que normalmente seria letal para uma espécie suscetível (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2009; CANEDO *et al.*, 2019).

A resistência, por sua vez, é a habilidade herdável de uma planta de sobreviver e reproduzir-se após exposição à dose de um herbicida considerada letal para indivíduos da mesma espécie. Esses indivíduos de mesma espécie que carregam cargas genéticas semelhantes, mas diferem minimamente entre si, na morfologia frequentemente são denominados biótipos (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2016).

Os indivíduos resistentes surgem devido a mutações naturais que geram variabilidade genética entre os biótipos. No entanto, essas segregações genéticas são perceptíveis quando

há o uso sucessivo dos mesmos herbicidas, que selecionam esses biótipos com capacidade de sobreviver ao tratamento outrora letal a espécie, gerando populações resistentes. Esse fenômeno é determinado de pressão de seleção (MONQUEIRO *et al.*, 2000; CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2003; MOREIRA *et al.*, 2007)

É importante salientar que nem sempre a sobrevivência de plantas na lavoura é resultante de populações de biótipos resistentes, pois há inúmeros outros fatores que podem ocorrer em sobrevivência das plantas daninhas, como erros operacionais, preparo da calda, aplicação em momento inadequado, posicionamento inadequado de produtos, aplicação em plantas em estágio tardio, plantas sob estresse, misturas inapropriadas de tanque, ocorrência de chuvas pouco tempo depois da aplicação, pontas de pulverização e volumes de calda inadequado para o alvo que se pretende atingir. Portanto, qualquer suspeita deve ser analisada individualmente para aplicação de metodologia adequada para afirmação (VIDAL *et al.*, 2006).

2.5 Inibidores da EPSPs (enol-piruvil-chiquimato-fosfato sintase)

A rota metabólica do chiquimato sintetiza três aminoácidos aromáticos, fenilalanina, tirosina e triptofano, sendo a fenilalanina e a tirosina atuante na síntese de lignina, formação de ácido salicílico e flavonoides, e compostos secundários de defesa. Alguns fungos, por exemplo, demonstraram mecanismos indiretos que aumentam a expressão gênica de algumas substâncias incluindo FAL (fenilalanina amônia-liase), reduzindo o número de ovos de *Meloidogyne javanica* em tomateiro. Por sua vez, o triptofano é precursor da auxina, hormônio protagonista no crescimento vegetal, além de ter inúmeras outras funções (GOULART *et al.*, 2011; GOUVEIA, 2022).

Nessa rota, um fosfoenolpiruvato (PEP) e uma eritrose-4P (E4P) se unem dando origem a uma série de moléculas intermediárias que formam o ácido chiquímico, que sofre fosforilação formando chiquimato-3-fosfato (S3P) que sofrerá catálise da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) juntamente com a PEP que fornece o grupo enol formando 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato (EPSP).

O glyphosate, faz parte do grupo G de herbicidas na classificação do Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas (HRAC) e é o único herbicida neste grupo no Brasil. Essa molécula atua na rota do EPSPS, ligando-se à essa enzima quando ela recebe o S3P, formando o complexo EPSPS-S3P, que aguarda a chegada da PEP. Essa ligação, inclusive, possui maior afinidade a enzima que a própria PEP, e impede a formação da EPSP que sucessivamente originaria corismato e em seguida os aminoácidos aromáticos essenciais para manutenção da vida na planta (KRUSE *et al.*, 2000; VIDAL *et al.*, 2014).

2.6 Inibidores da ACCase (Acetil-CoA carboxilase)

Diferente do grupo G, o grupo A, que integra os inibidores da Acetil-CoA carboxilase (ACCase) são mais numerosos em quantidade de moléculas e são denominados de gramínicidas pois são seletivos às dicotiledôneas, sendo utilizados em pós-emergência e atuam na síntese de ácidos graxos. Os lipídios são constituintes principalmente das membranas celulares e ceras, sendo assim, a ausência da síntese desse composto leva a planta a morte (MARCHI *et al.*, 2008).

Na primeira etapa da síntese de ácidos graxos, o acetil-CoA (ACC) é carboxilado formando o malonil-CoA (MC) catalisado pela enzima ACCase. Esse malonil-CoA com auxílio de um receptor ACP, receberá grupos de acetato doados por mais moléculas de ACC formando um ciclo até completar de 16 a 18 carbonos, formando geralmente ácido palmítico (AP). Os herbicidas que atuam nesse modo de ação, inibem a segunda etapa do processo, após a ligação do CO₂ na ACCase. Assim, o herbicida impede a entrada do ACC, inibindo a formação de MC, que seria a molécula base para o recebimento dos grupos acetato para formar o AP (VIDAL *et al.*, 2014; TAIZ *et al.*, 2017).

Os inibidores da ACCase são divididos em três grupos, os ariloxifenoxipropanoatos, conhecidos como FOP's, as ciclohexanodionas, os DIM's e as fenilpirazolininas, grupo chamado de PPZ ou DEN. Esse mecanismo de ação geralmente apresenta antagonismo com os latifolicidas. As regiões que sintetizam ácidos graxos geralmente estão nos ápices de raízes e caules, onde há maior demanda dessas moléculas para a formação de membranas. Portanto, são as primeiras regiões a manifestar sintomas visíveis. O crescimento da planta é paralisado logo após a aplicação (TREZZI *et al.*, 2007; DE CARVALHO *et al.*, 2019).

2.7 Critérios para relatos de resistência

Os relatos de resistência de plantas daninhas a herbicidas são registrados em um banco de dados internacional. Esse banco é gerido pelo *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC). No Brasil, a Sociedade Brasileira de Ciência de Plantas Daninhas (SBCPD) e a HRAC-BR que participam dos processos de novos relatos de resistência no país (HEAP, 2023).

Alguns critérios são exigidos pela HRAC para novos relatos de plantas resistentes a herbicidas, entre eles estão: (I) sobreviver a dose comercial indicada do herbicida para controle da espécie normalmente suscetível e se reproduzir; (II) confirmar a resistência por meio de estudos cientificamente embasados; (III) a característica que confere resistência deve apresentar herdabilidade nas gerações seguintes (progênies); (IV) demonstração prática da resistência da planta daninha ao herbicida; (V) e ainda, a espécie deve ser identificada botanicamente (GAZZIERO, 2008).

No Brasil, a SBCPD e a HRAC-BR normatizaram os relatos em 10 etapas: (I) certificar-se que a planta suspeita realmente sobreviveu a dose indicada do herbicida a campo em estágio vegetativo recomendado em bula e coletar as coordenadas geográficas; (II) realizar experimentos de curva de dose-resposta com sementes do biótipo coletado e sucessivamente outra curva de dose-resposta com as progênies das plantas do experimento anterior, ambas comparando com biótipo suscetível da mesma região; (III) estimar a GR (dose necessária para reduzir a massa de matéria seca da planta), e DL (dose para controle) do biótipo suspeito em comparação com o suscetível usando um modelo de regressão não-linear e determinar o FR (fator de resistência), que representa quantas vezes a dose necessária para proporcionar o controle do biótipo resistente é maior que a dose que proporciona o mesmo controle do biótipo suscetível; (IV) identificar a espécie botanicamente, se necessário, utilizando de técnicas moleculares; (V) ter 'sim' como resposta num questionário com cinco perguntas, que basicamente são os cinco critérios relatados no segundo parágrafo do tópico 2.7 desta revisão; (VI) analisar se os tópicos anteriores foram atendidos, sendo assim, o biótipo será considerado resistente e o relato deverá ser feito; (VII) envia-se um arquivo em formato específico (.pdf) para o endereço eletrônico do SBCPD (sbcpd@sbcpd.org) com os dados das curvas de dose-resposta e tabelas com GR, DL, FR, local, data e dados do tratamento; (VIII) os dados serão analisados e enviados ao HRAC-BR e HRAC, se considerados nas conformidades do processo; (IX) aguardar o comunicado formal da SBCPD e haverá a ampla divulgação no meio de interesse do relato, como setor agrícola e pertinentes; (X) o relator juntamente com a SBCPD e HRAC-BR, deverá desenvolver estratégias de manejo na região onde houve a ocorrência da resistência e as divulgar extensivamente (VARGAS *et al.*, 2021, HEAP, 2023).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coletas e ensaios de *screening*

O estudo foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada em Sinop-MT, cujo clima é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com temperatura e pluviosidade média anual de 25,4 °C e 1.801 mm, respectivamente (KÖPPEN, 1928; ALVARES *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2013).

Os ensaios contemplaram sementes de 26 biótipos de *E. indica* provenientes de diferentes áreas agrícolas na região Médio-Norte de Mato Grosso, que no momento da coleta, estavam cultivados com algodão. Possivelmente, pelo histórico da região, essas áreas também são cultivadas com soja, caracterizando um sistema produtivo de grãos e fibra. Nesses sistemas, é comum a aplicação dos herbicidas glyphosate e graminicidas (inibidores da ACCase) para o controle da espécie invasora (Figura 1).

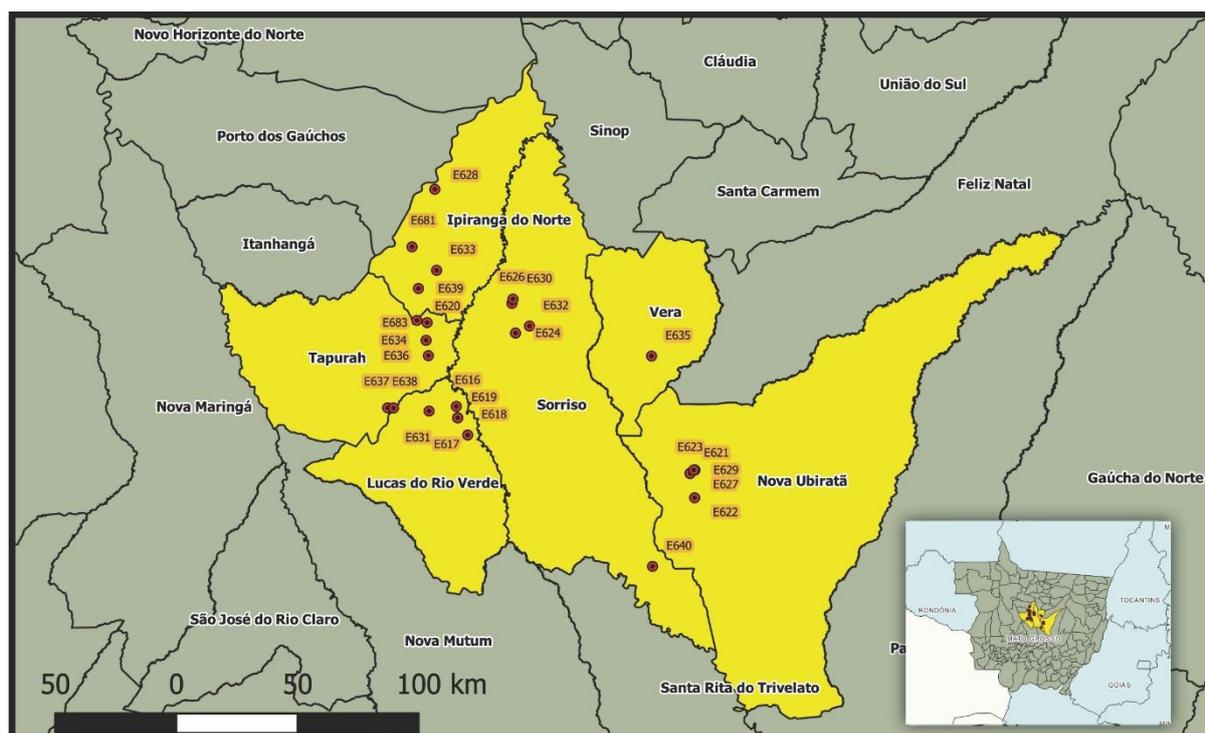


Figura 1. Pontos de coleta de sementes dos biótipos sobreviventes a tratamentos com clethodim, glyphosate e haloxyfop-R-methyl. Prefixo 'E' abreviação de *Eleusine indica* seguido do número de identificação do biótipo do banco de dados interno. Sinop-MT, 2021.

Como não havia certeza do histórico produtivo e dos herbicidas utilizados nas áreas coletadas, foram realizados os ensaios de *screening* com o intuito de identificar os biótipos que possuíam potencial de resistência aos herbicidas avaliados e possivelmente empregados no controle desta espécie nos locais de coleta (Tabela 1).

Tabela 1. Georreferenciação dos biótipos de *Eleusine indica* coletados em Mato Grosso em áreas de algodão e seus respectivos municípios. Sinop-MT, 2021.

Biótipo	Município	Coordenadas Geográficas	
		Latitude (S)	Longitude (W)
E-620	Ipiranga do Norte	12°25'34"	56°13'47"
E-628	Ipiranga do Norte	11°56'00"	56°09'47"
E-633	Ipiranga do Norte	12°14'15"	56°09'19"
E-639	Ipiranga do Norte	12°18'22"	56°13'26"
E-681	Ipiranga do Norte	12°03'00"	56°13'00"
E-616	Lucas do Rio Verde	12°44'55"	56°04'43"
E-617	Lucas do Rio Verde	12°47'28"	56°04'23"
E-618	Lucas do Rio Verde	12°51'22"	56°02'06"
E-619	Lucas do Rio Verde	12°47'31"	56°04'24"
E-631	Lucas do Rio Verde	12°45'59"	56°10'56"
E-634	Lucas do Rio Verde	12°30'03"	56°11'40"
E-636	Lucas do Rio Verde	12°33'30"	56°11'08"
E-640	Lucas do Rio Verde	13°20'45"	55°19'43"
E-621	Nova Ubiratã	12°59'45"	55°11'18"
E-622	Nova Ubiratã	13°05'14"	55°10'12"
E-623	Nova Ubiratã	12°59'45"	55°11'18"
E-627	Nova Ubiratã	12°58'58"	55°10'11"
E-629	Nova Ubiratã	12°58'58"	55°10'27"
E-624	Sorriso	12°28'20"	55°51'17"
E-626	Sorriso	12°21'39"	55°52'08"
E-630	Sorriso	12°20'41"	55°51'54"
E-632	Sorriso	12°26'45"	55°48'07"
E-637	Tapurah	12°45'17"	56°20'24"
E-638	Tapurah	12°45'19"	56°19'03"
E-683	Tapurah	12°26'03"	56°11'27"
E-635	Vera	12°33'22"	55°20'16"

Para garantir somente a emergência de plântulas dos biótipos desejados e evitar possíveis propágulos e conseqüente emergência de plântulas de *E. indica* invasoras, foram utilizadas bandejas de plástico como sementeiras (20 x 30 x 10 cm) preenchidas com substrato vegetal e vermiculita comerciais (1:1) as quais foram mantidas em casa de vegetação sob irrigação automática. Em cada bandeja foi semeado um biótipo, a fim de se obter plântulas no estágio de três a quatro folhas com condição de transplante e identificação, sendo assim, foram transplantadas para novos recipientes (vasos de 0,5 dm³ de capacidade volumétrica) preenchidos com a mesma mistura de substrato vegetal e vermiculita comerciais citada, caracterizando as parcelas dos ensaios de *screening*.

Quando as plantas atingiram o estágio majoritário de 1 perfilho, foi realizada a aplicação das doses recomendadas para controle de *E. indica* nas culturas da soja e do algodão dos herbicidas glyphosate (1.440 g ha⁻¹) (Roundup Transorb®), clethodim (108 g ha⁻¹) (Select 240 EC®) e haloxyfop-R-methyl (60 g ha⁻¹) (Verdict R®) para averiguar a injúria dos biótipos, mantendo-se uma planta por vaso com dez repetições, sendo que na calda de

clethodim foi acrescido do adjuvante alquil ester etoxilado do ácido fosfórico, conforme recomendação do fabricante na proporção de 0,5% v/v. A calda do haloxyfop-R-methyl também foi acrescida de óleo mineral (Joint Oil®) na proporção de 0,5% v/v. A formulação de glyphosate usada dispensou o uso de adjuvante.

O controle visual dos biótipos foi avaliado aos 28 dias após a aplicação (DAA) com notas visuais (0-100%), em que zero representa a ausência de injúrias e 100% a morte das plantas. Em seguida, foram classificados em 1 – suscetível (mais de 50% das plantas com controle acima de 85%), 2 – tolerante (mais de 50% das plantas com controle entre 60 e 85%) e 3 – suspeito de resistência (mais de 50% das plantas com controle menor que 60%). Essa nomenclatura de classificação não segue a definição dos termos, foi adotada somente como metodologia interna para este trabalho. Os biótipos supostamente resistentes foram separados para coleta de sementes. Na condução para coleta de sementes, as inflorescências foram protegidas com sacos de organza para evitar a polinização cruzada. Quando atingiam a maturação, eram coletadas, limpas, e acondicionadas em câmara climatizada.

3.2 Experimentos de curva de dose-resposta

No mês de fevereiro de 2022, experimentos de curvas dose-resposta foram conduzidos com as progênies dos biótipos sobreviventes à aplicação dos herbicidas glyphosate (Roundup Transorb®) e clethodim (Select One Pack®), e em novembro, haloxyfop-R-methyl (Verdict Max®) em delineamento de blocos casualizados com seis repetições, seguindo um esquema fatorial duplo em que o primeiro fator foi composto pelos biótipos (suspeitos de resistência e suscetível) e o segundo por 11 doses para glyphosate e haloxyfop-R-methyl (0D, 1/32D, 1/16D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D, 4D, 8D e 16D) ou 9 doses de clethodim (0D, 1/32D, 1/16D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D e 4D), onde D é a dose recomendada.

Os herbicidas foram aplicados quando as plântulas se encontravam no estágio entre um e três perfilhos, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado de barra contendo quatro pontas de pulverização do tipo leque XR 110.02, espaçamento entre bicos de 0,5 m, posicionadas a 0,5 m da superfície do alvo sob pressão de 2,11 kgf cm², proporcionando volume de aplicação equivalente a 200 L ha⁻¹.

Aos 28 DAA, o controle dos biótipos também foi avaliado com notas visuais (0-100%), em que zero representa ausência de injúrias e 100% a morte das plantas, sendo a massa de matéria seca de parte aérea remanescente determinada por meio de secagem em estufa a 65 °C até massa constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e, quando significativos, ajustados aos modelos de regressão não linear do tipo log-logístico para as variáveis controle, conforme Streibig *et al.* (1988):

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (\text{Eq. 01})$$

Em que: y = porcentagem de controle; x = dose do herbicida; e a , b e c = parâmetros da curva, de modo que a é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva; e massa de matéria seca de parte aérea remanescente, conforme Seefeldt *et al.* (1995):

$$y = a + \frac{b}{\left[1 + \left(\frac{x}{c}\right)^d\right]} \quad (\text{Eq. 02})$$

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

As doses necessárias para o controle ou redução da massa de matéria seca de parte aérea das plantas em 50% (DL_{50} ou GR_{50}) dos biótipos foram calculadas com base nas equações inversas obtidas aos respectivos modelos, sendo DL_{50} a dose que proporciona 50% na redução do controle e GR_{50} a dose que proporciona 50% na redução de massa de matéria seca:

Streibig (1988) inversa:

$$x = \left[\left(\frac{a}{y} - 1 \right)^{\frac{1}{c}} \right] \cdot b \quad (\text{Eq. 03})$$

Seefeldt *et al.* (1995) inversa:

$$x = c \cdot \left[\left(\frac{b}{y-a} - 1 \right)^{\frac{1}{d}} \right] \quad (\text{Eq. 04})$$

A razão entre os valores de DL_{50} ou GR_{50} , obtidos com as equações inversas dos modelos do tipo log-logístico dos biótipos com suspeita de resistência e suscetível (DL ou GR do biótipo supostamente resistente/ DL ou GR do biótipo suscetível) forneceram o fator de resistência (FR), que expressa o número de vezes em que a dose necessária para proporcionar 50% de controle do biótipo resistente é maior que a dose que controla 50% do biótipo suscetível (HALL *et al.*, 1998; CHRISTOFFOLETI, 2002; CARVALHO *et al.*, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaios de *screening*

Não foi aplicado tratamento em nenhum biótipo com mais de três perfilhos nos ensaios de *screening*, atendendo a indicação de bula do estádio para aplicação dos três herbicidas. A maioria dos biótipos encontravam-se com todas as plântulas no estádio de um perfilho no momento da aplicação dos tratamentos com clethodim, haloxyfop-R-methyl e glyphosate, mas essa característica variou para os biótipos avaliados, que tiveram repetições variando de um, até três perfilhos (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização do estádio de desenvolvimento das plantas dos biótipos de *Eleusine indica* nos ensaios de *screening* no momento da aplicação dos herbicidas clethodim (108 g ha⁻¹), haloxyfop-R-methyl (60 g ha⁻¹) e glyphosate (1.440 g ha⁻¹). Sinop-MT, 2021.

Biótipo	Município	Número de perfilhos									
		Repetições									
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
E-620	Ipiranga do Norte	1	1	1	1-2	1-2	2	2	2	2	2
E-628	Ipiranga do Norte	1	1	1-2	2	1	1	1	1	1	1
E-633	Ipiranga do Norte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-639	Ipiranga do Norte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-681	Ipiranga do Norte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-616	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1	1
E-617	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-618	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-619	Lucas do Rio Verde	1	2	1	1-2	1-2	2	2	2	2-3	2-3
E-631	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-634	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-636	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-640	Lucas do Rio Verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-621	Nova Ubiratã	1	1	1	1	1	1	1	1-2	2	2
E-622	Nova Ubiratã	2	2	2	2	2-3	2-3	2-3	2-3	3	3
E-623	Nova Ubiratã	1	1	1	1-2	1-2	1-2	2	2	2-3	2-3
E-627	Nova Ubiratã	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-
E-629	Nova Ubiratã	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-624	Sorriso	1	1	1	2	2	2	2	2	2-3	2-3
E-626	Sorriso	1	1	1	1	2-3	2	2	2	2	2
E-630	Sorriso	1	1	1-2	1-2	2	2	2	2	2	2
E-632	Sorriso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-637	Tapurah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-638	Tapurah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-683	Tapurah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-635	Vera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1-2 = plântula com um perfilho e emitindo o segundo; 2-3 = plântula com dois perfilhos e emitindo o terceiro; repetições sem valores apresentaram plantas insuficientes.

Aos 28 DAA dos tratamentos de *screening*, foi observado apenas um biótipo com suspeita de resistência ao clethodim (E-639), com controle médio de 50,6% entre as 10 repetições. Quatro repetições apresentaram ausência total de injúrias (0% de controle), uma

repetição teve 8% de controle e cinco repetições variando entre 99 e 100% de controle. Por isso esse biótipo foi selecionado para coleta de sementes das plantas sobreviventes e contemplado nos experimentos de curvas de dose-resposta.

As plantas das cinco repetições desse biótipo (E-639) supostamente resistente que apresentaram controle maior que 60% no *screening* do herbicida clethodim, podem ser resultado de segregação genética ocorrida em campo, pois apesar da *E. indica* ser uma espécie autógama, apresenta, mesmo que baixo, algum nível de alogamia. Os demais biótipos foram classificados como suscetíveis ao clethodim com notas de controle variando de 92 a 100%. Ao todo 25 biótipos se enquadraram como suscetíveis e nenhum foi classificado como tolerante ao herbicida (Tabela 3).

Tabela 3. Controle visual dos biótipos de *Eleusine indica* (%) aos 28 dias após a aplicação do herbicida clethodim (108 g ha⁻¹). Sinop-MT, 2021.

Biótipo	Município	Controle (%)										Média	Classe
		Repetições											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10		
E-620	Ipiranga do Norte	99	97	100	99	99	96	95	99	99	99	98,2	1
E-628	Ipiranga do Norte	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-633	Ipiranga do Norte	95	99	99	97	99	99	100	98	100	100	98,6	1
E-639	Ipiranga do Norte	0	100	99	100	99	0	0	0	8	100	50,6	3
E-681	Ipiranga do Norte	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-616	Lucas do Rio Verde	99	99	99	99	100	98	97	100	95	98	98,4	1
E-617	Lucas do Rio Verde	97	99	99	100	98	96	99	100	98	99	98,5	1
E-618	Lucas do Rio Verde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-619	Lucas do Rio Verde	96	94	95	98	98	91	94	91	90	90	93,7	1
E-631	Lucas do Rio Verde	100	99	98	100	99	98	98	99	99	99	98,9	1
E-634	Lucas do Rio Verde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-636	Lucas do Rio Verde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-640	Lucas do Rio Verde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-621	Nova Ubiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-622	Nova Ubiratã	93	99	99	99	94	99	99	99	99	99	97,9	1
E-623	Nova Ubiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-627	Nova Ubiratã	100	100	98	65	100	100	PI	PI	PI	PI	93,8	1
E-629	Nova Ubiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-624	Sorriso	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-626	Sorriso	100	100	100	100	100	100	100	100	20	100	92,0	1
E-630	Sorriso	98	99	99	99	96	94	98	99	99	98	97,9	1
E-632	Sorriso	MP	MP	100	100	100	MP	100	100	100	100	100,0	1
E-637	Tapurah	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-638	Tapurah	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-683	Tapurah	100	98	96	99	98	97	99	98	97	100	98,2	1
E-635	Vera	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1

PI = biótipo com plantas insuficientes para a repetição; MP = morte da planta por inseto e/ou estresse abiótico; 1 = suscetível; 3 = supostamente resistente.

Os ensaios de *screening* com haloxyfop-R-methyl apontou 19 biótipos suspeitos de resistência, o maior número de biótipos com controle insatisfatório dentre os herbicidas testados (Tabela 4). Esse resultado condiz com aqueles registrados, pois o grupo dos

ariloxifenoxipropionatos, os FOP's, possuem mais registros de resistência de *E. indica* no Brasil que o grupo das ciclohexanodionas, os DIM's (HEAP, 2023).

Tabela 4. Controle visual dos biótipos de *Eleusine indica* (%) aos 28 dias após a aplicação do herbicida haloxyfop-R-methyl (60 g ha⁻¹). Sinop-MT, 2021.

Biótipo	Municípios	Controle (%)										Média	Classe
		Repetições											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10		
E-620	Ipiranga do Norte	5	2	20	25	0	10	0	22	0	0	8,4	3
E-628	Ipiranga do Norte	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-633	Ipiranga do Norte	35	15	5	MP	0	17	50	0	0	0	13,5	3
E-639	Ipiranga do Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	3
E-681	Ipiranga do Norte	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-616	Lucas do Rio Verde	2	3	5	0	10	0	20	5	2	0	4,7	3
E-617	Lucas do Rio Verde	10	MP	0	0	0	0	0	MP	0	0	1,2	3
E-618	Lucas do Rio Verde	10	0	99	60	MP	0	0	0	60	88	35,2	3
E-619	Lucas do Rio Verde	0	0	0	5	0	10	0	0	5	20	4,0	3
E-631	Lucas do Rio Verde	0	0	2	25	0	0	0	2	0	0	2,9	3
E-634	Lucas do Rio Verde	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	1,0	3
E-636	Lucas do Rio Verde	0	3	0	14	0	0	0	0	0	0	1,7	3
E-640	Lucas do Rio Verde	0	0	0	0	40	35	20	0	0	0	9,5	3
E-621	Nova Ubiratã	100	3	100	100	100	100	100	0	100	100	80,3	1
E-622	Nova Ubiratã	10	0	16	10	0	5	0	20	15	10	8,6	3
E-623	Nova Ubiratã	100	100	100	100	100	1	100	100	100	99	90,0	1
E-627	Nova Ubiratã	0	0	20	0	0	0	PI	PI	PI	PI	3,3	3
E-629	Nova Ubiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-624	Sorriso	100	100	100	0	100	0	100	100	100	100	80,0	1
E-626	Sorriso	5	1	2	0	0	5	7	1	0	0	2,1	3
E-630	Sorriso	1	18	19	0	0	0	0	0	0	0	3,8	3
E-632	Sorriso	0	0	0	60	0	0	0	20	0	0	8,0	3
E-637	Tapurah	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	3
E-638	Tapurah	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-683	Tapurah	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	3
E-635	Vera	0	0	15	0	20	0	6	0	0	15	5,6	3

PI = biótipo com plantas insuficientes para a repetição; MP = morte da planta por inseto e/ou estresse abiótico; 1 = suscetível; 3 = supostamente resistente.

Para o glyphosate, foram identificados seis casos com suspeita de resistência nos *screenings*, onde 50% ou mais das plantas apresentaram controle menor que 60% (Tabela 5). Dentre esses biótipos supostamente resistentes ao herbicida, cinco deles receberam a aplicação com um perfilho, estágio esse que a plântula é mais sensível ao tratamento devido a menor quantidade de tecidos especializados e intensa atividade enzimática, que favorecem a eficácia do herbicida (MONQUERO, 2014), antagônico ao que é observado nas plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento.

Ainda em relação ao glyphosate, três biótipos foram classificados como tolerantes e os demais como suscetíveis ao herbicida. Vale destacar, que a nomenclatura de classificação foi adotada como uma metodologia apenas para este projeto, pois biótipos tolerantes são aqueles que possuem uma menor suscetibilidade inata da espécie ao herbicida.

Tabela 5. Controle visual dos biótipos de *Eleusine indica* (%) aos 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida glyphosate (1440 g ha⁻¹). Sinop-MT, 2021.

Biótipo	Municípios	Controle (%)										Média	Classe
		Repetições											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10		
E-620	Ipiranga do Norte	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-628	Ipiranga do Norte	55	86	89	99	100	80	75	82	78	85	82,9	2
E-633	Ipiranga do Norte	100	99	100	98	100	100	95	97	100	100	98,9	1
E-639	Ipiranga do Norte	0	5	5	16	31	34	0	40	60	50	24,1	3
E-681	Ipiranga do Norte	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-616	Lucas do Rio Verde	95	80	85	80	82	80	80	78	79	85	82,4	2
E-617	Lucas do Rio Verde	100	95	99	100	100	86	95	86	89	100	95,0	1
E-618	Lucas do Rio Verde	71	100	100	88	85	75	100	100	100	100	91,9	1
E-619	Lucas do Rio Verde	89	87	85	90	88	90	89	87	86	84	87,5	1
E-631	Lucas do Rio Verde	65	35	94	55	40	20	68	70	60	5	50,2	1
E-634	Lucas do Rio Verde	0	0	MP	5	0	2	25	65	45	10	24,2	3
E-636	Lucas do Rio Verde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-640	Lucas do Rio Verde	40	50	55	55	80	70	85	85	85	40	64,5	3
E-621	Nova Uiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-622	Nova Uiratã	99	97	94	96	98	99	98	98	98	95	97,2	1
E-623	Nova Uiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-627	Nova Uiratã	100	100	100	100	100	50	PI	PI	PI	PI	91,7	1
E-629	Nova Uiratã	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-624	Sorriso	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1
E-626	Sorriso	5	35	15	15	5	5	2	5	10	20	11,7	3
E-630	Sorriso	9	99	50	5	15	25	70	25	78	72	44,8	2
E-632	Sorriso	0	50	40	65	75	55	88	80	15	10	47,8	3
E-637	Tapurah	50	50	35	45	0	65	70	78	75	27	49,5	3
E-638	Tapurah	MP	MP	100	100	100	100	MP	100	100	92	98,9	1
E-683	Tapurah	94	100	100	99	100	100	100	98	95	95	98,1	1
E-635	Vera	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	1

PI = biótipo com plantas insuficientes para a repetição; MP = morte da planta por inseto e/ou estresse abiótico; 1 = suscetível; 3 = supostamente resistente.

A eficácia de tratamentos herbicidas sofre influência do estágio das plântulas. Alves (2014) indica que fatores morfológicos e fisiológicos afetam o sucesso da ação do herbicida prejudicando o nível de controle. Contudo, os biótipos E-619, E-620 e E-622, que exibiam de dois a três perfilhos, apresentando estágio mais avançado, foram controlados com glyphosate e clethodim. Apesar disso, biótipos com um perfilho (E-637 e E-640) em todas as repetições não apresentaram controle satisfatório (maior ou igual a 80%), e foram classificados como suspeitos de resistência. Isso indica que, quando respeitadas as recomendações do estágio da plântula indicado na bula no momento da aplicação, não há influência significativa na eficácia do tratamento herbicida.

As características que conferem diferença de suscetibilidade dos biótipos aos herbicidas por adaptações morfológicas e/ou anatômicas nas plantas, geralmente se manifestam em estádios vegetativos mais avançados, com a planta mais adulta, ou apresentam diferenças mínimas nessas características nos estádios iniciais, ainda quando plântula. Características essas que desfavorecem a absorção e translocação dos herbicidas,

como alta deposição de cera na folha ou a diferença da sua composição, menor presença de tricomas, posição do ângulo foliar, espessura do parênquima, proximidade dos feixes vasculares, espessura do floema (FENG *et al.*, 2004; DE CARVALHO *et al.*, 2012; BARROSO *et al.*, 2015).

Pela importância do glyphosate na agricultura brasileira, pois é o principal herbicida utilizado nas grandes culturas do estado de Mato Grosso, foi conduzido os experimentos de curva de dose-resposta priorizando os biótipos suspeitos a esta molécula (TEIXEIRA *et al.*, 2019). Assim, foi avaliada a possibilidade de resistência simples e múltipla para inibidores da ACCase e inibidores da EPSPs, pois os biótipos E-626, E-634 e E-637 se mostraram suspeitos de resistência a mais de uma molécula. O biótipo E-639 foi o único suspeito de resistência aos 3 herbicidas (Tabela 6).

Tabela 6. Classificação dos biótipos de *E. indica* que apresentaram classificação de 2 – tolerante ou 3 – suspeito de resistência aos herbicidas clethodim (108 g ha⁻¹), haloxyfop-R-methyl (60 g ha⁻¹) e/ou glyphosate (1.440 g ha⁻¹). Sinop-MT, 2021.

Biótipo	Município	Classificação		
		Clethodim	Haloxyfop-R-methyl	Glyphosate
E-628	Ipiranga do Norte	1	1	2
E-633	Ipiranga do Norte	1	3	1
E-639	Ipiranga do Norte	3	3	3
E-683	Ipiranga do Norte	1	3	1
E-616	Lucas do Rio Verde	1	3	2
E-617	Lucas do Rio Verde	1	3	1
E-618	Lucas do Rio Verde	1	3	1
E-619	Lucas do Rio Verde	1	3	1
E-631	Lucas do Rio Verde	1	3	1
E-622	Nova Ubiratã	1	3	1
E-627	Nova Ubiratã	1	3	1
E-626	Sorriso	1	3	3
E-630	Sorriso	1	3	2
E-632	Sorriso	1	3	3
E-640	Sorriso	1	3	3
E-620	Tapurah	1	3	1
E-634	Tapurah	1	3	3
E-636	Tapurah	1	3	1
E-637	Tapurah	1	3	3
E-635	Vera	1	3	1

1 - Suscetível (mais de 50% das plantas com controle acima de 85%), 2 - Tolerante (mais de 50% das plantas com controle entre 60 e 85%) e 3 - Suspeito de resistência (mais de 50% das plantas com controle menor que 60%).

4.2 Experimentos de curva de dose-resposta

Os dados de haloxyfop-R-methyl para o biótipo E-639, suspeito de resistência para as três moléculas, E-640 e E-632, não apresentaram significância estatística segundo os

modelos de regressão não-linear propostos. Isso aconteceu devido à alta variação de resultados entre os tratamentos e as repetições nos experimentos de curva de dose-resposta, portanto, não serão apresentados. É necessário a repetição do experimento com esses biótipos para obtenção de dados com menor variância.

O biótipo E-639 apresentou FR maior que 1 ($FR > 1$) para as outras duas moléculas avaliadas, sendo 6,96 para clethodim e 8,05 para glyphosate, considerando a variável massa de matéria seca relativa (%) (Tabela 7). O FR calculado a partir da variável controle apresentou 6,31 para clethodim e 7,95 para glyphosate, comprovando a menor sensibilidade do biótipo a esses ingredientes ativos em relação ao biótipo suscetível (E-681) da mesma região. O FR obtido com a DL exibe valores diferentes dos valores utilizando a variável GR, sendo esta variação considerada comum. Alguns trabalhos mostram apenas o FR com base na GR (TAKANO *et al.*, 2017), por considerar a análise de controle subjetiva, enquanto a redução de massa de matéria seca é objetiva, dado que considera a massa remanescente de parte aérea.

Tabela 7. Valores estimados de DL_{50} e DL_{80} ($g\ ha^{-1}$) e GR_{50} e GR_{80} ($g\ ha^{-1}$) calculados a partir dos parâmetros fornecidos pelas equações log-logarítmicas inversas para 50% e 80% e fatores de resistência (FR) do biótipo E-639 e E-681 de Ipiranga do Norte para os herbicidas clethodim (C) e glyphosate (G). Sinop-MT, 2022.

Biótipo	Classe	Herbicida	Parâmetros			F	R ²	Erro Padrão	DL ₅₀	DL ₈₀	FR ₅₀
			a	b	c						
E-681	1	C	100,4047	5,2229	- 2,8567	263,47*	0,91	11,62	5,21	8,43	-
		G	100,3054	47,1126	- 1,4128	137,58*	0,81	14,82	46,91	124,34	-
E-639	3	C	102,2327	33,3477	- 2,8483	142,27*	0,84	18,23	32,84	52,28	6,31
		G	104,9724	411,9245	-0,9522	267,65*	0,89	12,79	372,89	1399,04	7,95

Biótipo	Classe	Herbicida	Parâmetros				F	R ²	Erro Padrão	GR ₅₀	GR ₈₀	FR ₅₀
			a	b	c	d						
E-681	1	C	2,2430	97,5648	4,5594	2,6266	60,22*	0,78	18,59	4,63	8,08	-
		G	0,7645	99,2948	31,4257	1,1938	121,31*	0,85	12,22	31,87	103,77	-
E-639	3	C	3,8190	105,4581	30,3888	4,2430	73,59*	0,81	23,97	32,23	45,45	6,96
		G	- 3,7825	100,2702	435,6112	0,9062	45,83*	0,68	23,76	256,53	949,95	8,05

DL_{50} e DL_{80} são as doses que proporcionam respectivamente 50 e 80% de controle e GR_{50} e GR_{80} são as doses que proporcionam respectivamente 50 e 80% na redução de massa de matéria seca; $FR = DL_{50}$ ou GR_{50} do biótipo supostamente resistente / DL_{50} ou GR_{50} do biótipo suscetível para o controle e redução de massa de matéria seca de parte aérea de 50%; 1 = suscetível, 3 = supostamente resistente.

No entanto, somente o FR não é suficiente para confirmar a resistência de um biótipo. À vista disso, foram estimados os valores de DL_{50} e GR_{50} , assim como os de DL_{80} e GR_{80} . Mesmo assim, foram observados em ambos os níveis de controle para o biótipo E-639, valores abaixo dos recomendados em bula para os dois herbicidas, descartando a possibilidade de resistência desse biótipo para glyphosate e clethodim (Figura 2). Os valores de DL_{80} e GR_{80}

foram estimados, pois o nível de controle satisfatório mínimo exigido em campo pela legislação atual é 80%.

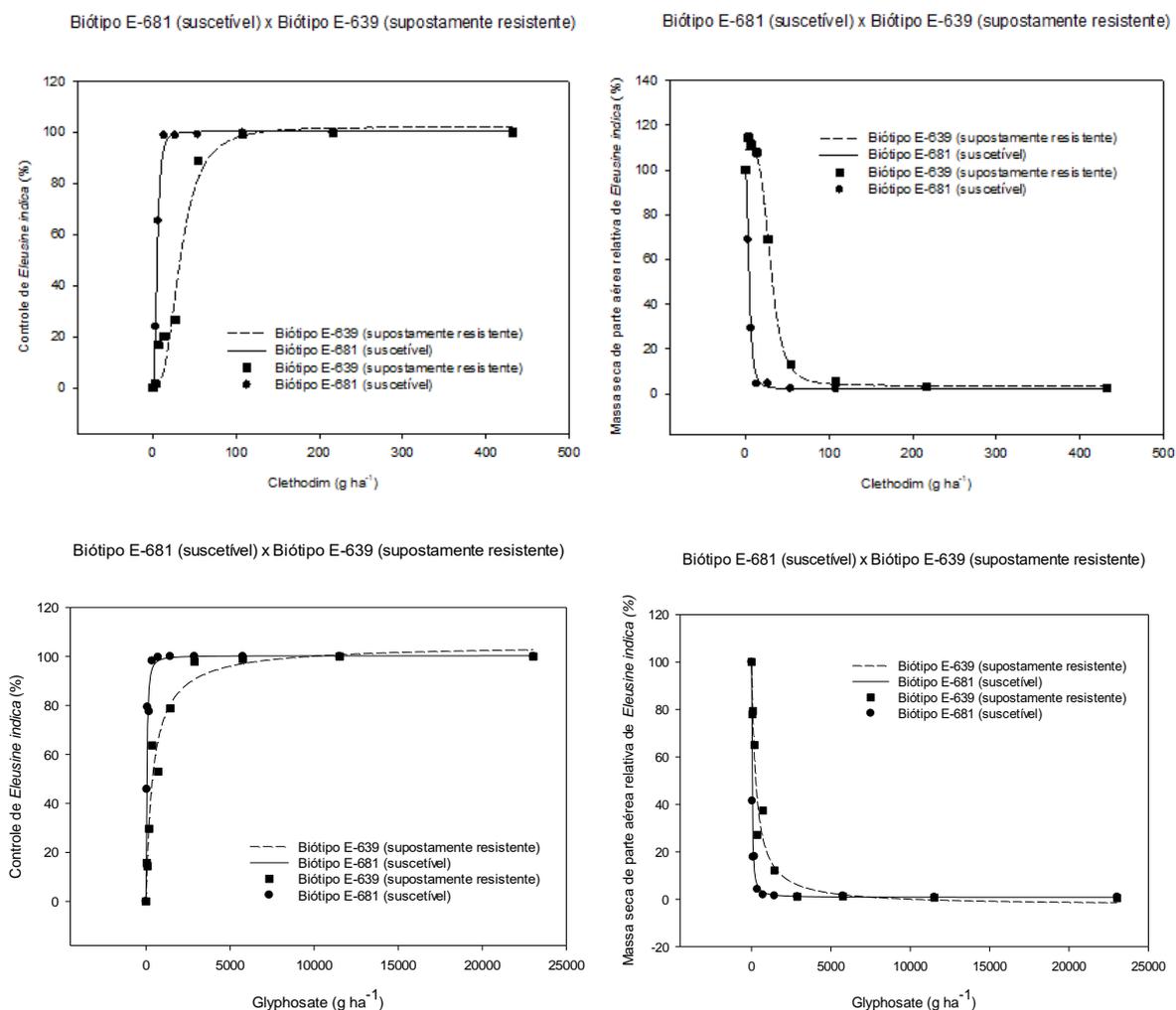


Figura 2. Curvas de dose-resposta das variáveis controle (%) e massa de matéria seca de parte aérea relativa (%) dos biótipos E-639 (supostamente resistente) e E-681 (suscetível) de *E. indica* para os herbicidas clethodim (dois superiores) e glyphosate (dois inferiores). Sinop-MT, 2022.

Recentemente, Nunes *et al.* (2022) relataram resistência a clethodim no município de Primavera do Leste-MT, com doses de 253 g ha⁻¹ para obter o controle de 80% do biótipo de *E. indica* coletado, doses superiores às encontradas para obter os mesmos níveis de controle do biótipo E-639. Ele também relata a necessidade de 1.930 g ha⁻¹ de glyphosate para controlar o mesmo biótipo, registrando o primeiro caso de resistência múltipla para os principais herbicidas usados no estado para o controle da espécie.

Em relação aos demais biótipos com a classificação 3 para glyphosate, foram observados FR variando de 5,13 a 16,44, mas não foi constatado nenhum biótipo com valores de DL₅₀ e GR₅₀ superior da dose recomendada para controle da espécie (Tabela 8). Contudo, para o aspecto agrônômico (DL₈₀ e GR₈₀), observou-se dois biótipos com valores que

ultrapassaram a recomendação de registro do herbicida para a espécie, sendo o E-626 para os valores de DL₈₀ e GR₈₀ e o E-634 somente para DL₈₀. Os menores ajustes (R²) das curvas para o E-634 e E-626 ocorreu devido à maior variação de controle entre as repetições, que pode estar relacionada com a segregação genética.

Tabela 8. Valores estimados de DL₅₀ e DL₈₀ (g ha⁻¹) e GR₅₀ e GR₈₀ (g ha⁻¹) calculados a partir dos parâmetros fornecidos pelas equações log-logarítmicas inversas para 50% e 80% e fatores de resistência (FR) dos biótipos E-626, E-632, E-634, E-637 e E-640 para o herbicida glyphosate. Sinop-MT, 2022.

Biótipo	Municípios	Classe	Parâmetros				F	R ²	Erro Padrão	DL ₅₀	DL ₈₀	FR ₅₀
			a	b	c							
E-681	Ipiranga do Norte	1	101,7594	42,2015	-1,1952	70,59*	0,69	20,46	41,00	125,44		
E-626	Sorriso	3	118,4655	733,9674	-0,6337	79,49*	0,71	21,67	446,96	2330,89	10,90	
E-632	Sorriso	3	100,0648	427,4763	-7,7518	2667,70*	0,98	5,19	427,40	510,97	10,43	
E-640	Sorriso	3	101,0619	487,8108	-2,3411	339,63*	0,91	13,57	483,45	862,63	11,79	
E-634	Tapurah	3	108,3381	530,2353	-0,7981	44,77*	0,58	29,85	437,06	1946,30	10,66	
E-637	Tapurah	3	99,3527	672,3533	-5,5584	307,77*	0,90	14,69	673,93	867,93	16,44	

Biótipo	Municípios	Classe	Parâmetros				F	R ²	Erro Padrão	GR ₅₀	GR ₈₀	FR ₅₀
			a	b	c	d						
E-681	Ipiranga do Norte	1	4,2348	95,4586	70,2819	2,2813	31,22*	0,60	26,79	72,87	142,99	-
E-626	Sorriso	3	1,9356	100,9136	702,2130	1,4874	30,43*	0,59	34,63	748,48	1955,15	10,27
E-632	Sorriso	3	3,9752	102,7707	354,8989	4,0386	185,62*	0,89	16,14	373,79	539,16	5,13
E-640	Sorriso	3	3,7978	92,3664	360,0809	2,1527	137,68*	0,86	15,71	359,94	739,01	5,17
E-634	Tapurah	3	8,7489	95,5076	335,4902	2,2794	33,28*	0,61	33,19	378,35	811,51	5,19
E-637	Tapurah	3	2,9188	102,4341	398,4028	2,0128	99,27*	0,82	20,41	431,76	886,03	5,93

DL₅₀ e DL₈₀ são as doses que proporcionam respectivamente 50 e 80% de controle e GR₅₀ e GR₈₀ são as doses que proporcionam respectivamente 50 e 80% na redução de massa de matéria seca; FR = DL₅₀ ou GR₅₀ do biótipo supostamente resistente / DL₅₀ ou GR₅₀ do biótipo suscetível para o controle e redução de massa de matéria seca relativa de 50%; 1 = suscetível, 3 = supostamente resistente.

É comum a existência de biótipos com resistência de nível baixo. Plantas com essa característica são relatadas no Brasil e em outros países, assim como em outras espécies além de *E. indica*. Biótipos com baixo nível de resistência são de difícil e subjetiva confirmação em alguns casos, necessitando-se muitas vezes de mais de um experimento de curva de dose-resposta (GAZZIERO *et al.*, 2008). Contudo, todos os parâmetros dos modelos de regressão não-lineares foram significativos.

A resistência de nível baixo (FR = 3 a 6) carrega malefícios agrônômicos semelhantes à resistência de nível alto (FR > 20) e deve ser manejada do mesmo modo (STECKEL *et al.*, 2008; VARGAS *et al.*, 2013). Mesmo as resistências adquiridas por meio de mutação, que geralmente expressam nível de resistência mais alto, podem gerar resistências de nível baixo. Pois, casos de deleção de códon ou mudança de apenas um aminoácido na enzima, por exemplo, pode reduzir a afinidade do herbicida ao local alvo de ligação na enzima (GAINES *et al.*, 2020).

Observou-se redução de massa de matéria seca relativa de 80% (GR_{80}) do biótipo E-626 com $1.955,15 \text{ g ha}^{-1}$, e controle ao mesmo nível com $2.330,89 \text{ g ha}^{-1}$ de glyphosate (DL_{80}), o que é $890,89 \text{ g ha}^{-1}$ acima da dose de bula, e 18,58 vezes mais alta que a dose necessária para controlar no mesmo nível o biótipo suscetível. Esse biótipo tem nível médio ($FR = 10$ a 16) de resistência ao herbicida glyphosate. Não se pode imputar a mesma afirmação para o biótipo E-634, porque apesar do valor de DL_{80} estar acima do recomendado, o valor de GR_{80} ainda ficou abaixo de 1.440 g ha^{-1} (Figura 3 e 4).

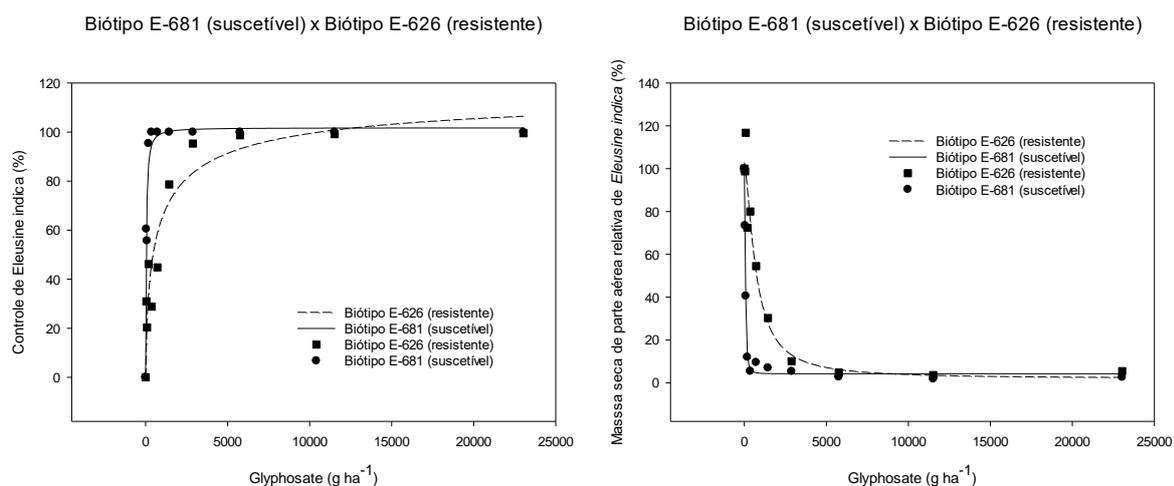


Figura 3. Curvas de dose-resposta das variáveis controle (%) e massa de matéria seca de parte aérea relativa (%) dos biótipos E-626 e E-681 de *Eleusine indica* para o herbicida glyphosate. Sinop-MT, 2022.

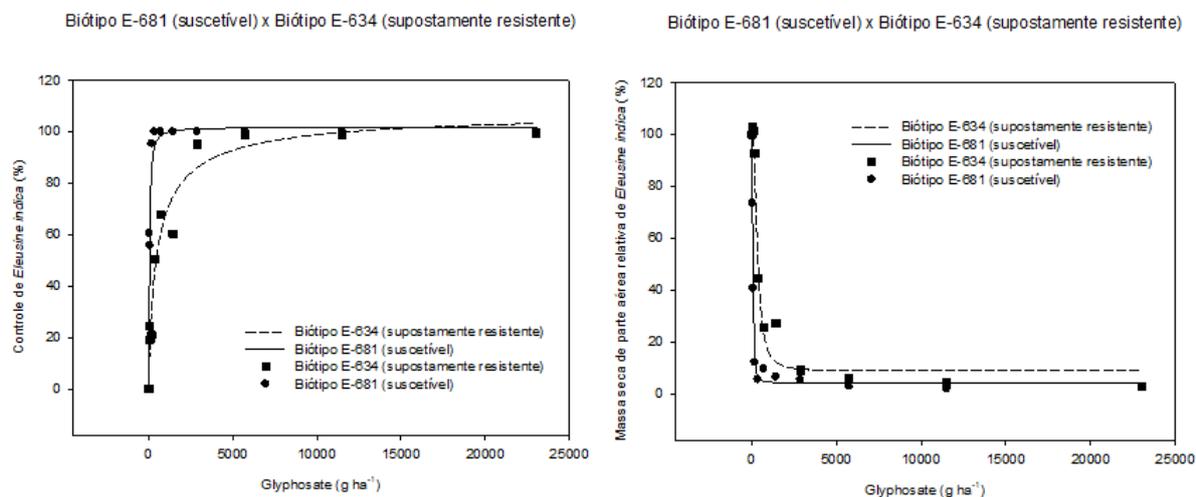


Figura 4. Curvas de dose-resposta das variáveis controle (%) e massa de matéria seca de parte aérea relativa (%) dos biótipos E-634 e E-681 de *Eleusine indica* para o herbicida glyphosate. Sinop-MT, 2022.

Resistências de menores níveis podem originar problemas técnicos e são frequentemente confundidos com os escapes relatados pelos produtores, que por vezes são resultantes de erros, como a aplicação de subdoses, deriva, aplicação em condições

ambientais desfavoráveis e outros. Entretanto, em caso de resistência, havendo a persistência do uso do herbicida, ocorrerá a pressão de seleção, tendendo a selecionar indivíduos de nível alto de resistência. Isso também pode ocorrer com biótipos de médio e alto nível de resistência.

O que acontece casualmente em campo em situações de biótipos com menor suscetibilidade ao herbicida, devido ao pensamento equivocado do produtor, é a utilização de superdoses dos herbicidas que tornam ainda mais crítica a pressão de seleção. Contudo, o mais adequado é a aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação e adoção de boas práticas agrícolas, como a rotação de culturas (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2016; OPEÑA *et al.*, 2014).

Para o haloxyfop-R-methyl, os três biótipos (E-626, E-634 e E-637) apresentaram valores de FR extremamente altos, incluindo o E-626 que foi considerado resistente ao glyphosate. Para controle de 50% desse biótipo (E-626), foi necessário quase três vezes a dose indicada em bula, e mais que seis vezes para controlar em 80% (Tabela 9). Há relatos de resistência de nível médio ao haloxyfop-R-methyl no estado em biótipos de *E. indica* coletados em Lucas do Rio Verde. Altos níveis de resistência como esse indicam uma provável mutação no sítio alvo de ação do herbicida (OSUNA *et al.*, 2012).

Tabela 9. Valores estimados de DL₅₀ e DL₈₀ (g ha⁻¹) e GR₅₀ e GR₈₀ (g ha⁻¹) calculados a partir dos parâmetros fornecidos pelas equações log-logarítmicas inversas para 50% e 80% e fatores de resistência (FR) dos biótipos E-626, E634 e E637 para o herbicida haloxyfop-R-methyl. Sinop-MT, 2022.

Biótipo	Municípios	Classe	Parâmetros			F	R ²	Erro Padrão	DL ₅₀	DL ₈₀	FR ₅₀
			a	b	c						
E-681	Ipiranga do Norte	1	99,9455	1,9717	-5,7227	314,73*	0,90	10,21	1,97	2,51	-
E-626	Sorriso	3	106,9197	1943746	-1,5299	126,49*	0,80	18,21	178,58	396,12	90,56
E-634	Tapurah	3	99,7808	123,8040	-3,1105	266,03*	0,89	14,60	123,98	194,01	62,87
E-637	Tapurah	3	158,5757	486,7613	-0,8936	123,09*	0,79	16,53	204,39	496,65	103,64

Biótipo	Municípios	Classe	Parâmetros				F	R ²	Erro Padrão	GR ₅₀	GR ₈₀	FR ₅₀
			a	b	c	d						
E-681	Ipiranga do Norte	1	1,1973	98,8027	1,8376	7,1534	131,14*	0,86	12,31	1,84	2,25	-
E-626	Sorriso	3	25,7232	102,7391	81,2950	3,2764	23,77*	0,53	43,42	116,29	-	63,07
E-634	Tapurah	3	9,8534	115,7758	74,2420	3,1802	35,76*	0,63	40,06	90,60	155,09	49,14
E-637	Tapurah	3	16,5461	70,0607	109,2139	1,4588	21,77*	0,51	25,81	116,17	830,39	63,00

DL₅₀ e DL₈₀ são as doses que proporcionam respectivamente 50 e 80% de controle e GR₅₀ e GR₈₀ são as doses que proporcionam respectivamente 50 e 80% na redução de massa de matéria seca; FR = DL₅₀ ou GR₅₀ do biótipo supostamente resistente / DL₅₀ ou GR₅₀ do biótipo suscetível para o controle e redução de massa de matéria seca de parte aérea de 50%; 1 = suscetível, 3 = supostamente resistente.

Os outros dois biótipos, E-634 e E-637, apresentaram valores de GR₈₀ de 155,09 e 830,39 g ha⁻¹, respectivamente. No caso do E-637, tanto GR₈₀ como DL₈₀ excessivamente mais altos que a dose indicada (60 g ha⁻¹). Todos os biótipos tratados com haloxyfop-R-methyl

foram diagnosticados como resistentes ao herbicida, confirmando um caso de resistência múltipla aos inibidores da ACCase e inibidores da EPSPs (E-626). O estado de Mato Grosso possui um relato de resistência cruzada de fenoxaprop e haloxyfop-methyl e múltipla desses dois herbicidas com glyphosate em *E. indica* desde 2017, em uma população de Primavera do Leste-MT (CORREIA *et al.*, 2022; HEAP, 2023).

O modelo de regressão log-logístico utilizado não conseguiu estimar exatamente a dose necessária para reduzir a massa de matéria seca de parte aérea remanescente a 20% do biótipo E-626, por isso, o valor se encontra em branco. O modelo estima que para um controle de 80%, a dose necessária seria maior que 960 g ha⁻¹ de haloxyfop-R-methyl. Nunes *et al.* (2022) relataram o mesmo problema com outros modelos para ajuste de curva dose-resposta devido à baixa resposta de biótipos ao herbicida haloxyfop-R-methyl.

A população de Lucas do Rio Verde-MT encontrada por Osuna *et al.* (2012) exibiu uma mutação do tipo Asp-2078-Gly na enzima ACCase que proporcionava a resistência. Essa mutação ocorre por uma mudança da posição 2078 do gene Acetil-CoA Carboxilase, onde o aspartato (códon selvagem) é substituído por glicina (códon mutante), conferindo resistência para os FOP's e DIM's. Essa mutação não confere resistência às fenilpirazolinás (PPZ) em *E. indica*, grupo constituído somente pelo pinoxadem no Brasil (VAZQUEZ-GARCIA *et al.*, 2021).

Vazquez-Garcia *et al.* (2021) também relataram resistência de *E. indica* aos inibidores da ACCase no Brasil em populações de Lucas do Rio Verde-MT, e concluíram que o aumento desses casos é referente não só a mutação Asp-2078-Gly, mas devido à mediação do citocromo P450 (Cyp-P450) na metabolização dessas moléculas na planta, inclusive, essa última, fornecendo resistência de *E. indica* ao pinoxadem. Os autores ainda citam que o fato da mutação Asp-2078-Gly não conferir resistência ao pinoxadem, apesar de atuar na mesma enzima, é em função das diferentes posições de ligação nos aminoácidos da estrutura enzimática da ACCase dos FOP's e DIM's.

Além disso, outro possível motivo para que o grupo dos ariloxifenoxipropionatos, os FOP's, apresentem maior número de biótipos resistentes em gramíneas invasoras que as ciclohexanodionas, os DIM's, é a sua inserção no mercado na década de 1970, enquanto os DIM's foram introduzidos em 1980. Apesar de Mato Grosso ter uma agricultura jovem, sementes de plantas resistentes são transportadas em implementos de um estado para o outro, principalmente por colhedoras, pois a terceirização da colheita é prática comum entre os produtores (MOREIRA *et al.*, 2017; CONTE *et al.*, 2020).

As curvas de dose-resposta para haloxyfop-R-methyl nitidamente se comportam de maneira diferente das curvas de glyphosate, com maior suavidade e menores acentuações ao percorrerem o gráfico, principalmente em relação ao biótipo suscetível. Isso acontece pois há uma resposta menos sensível da variável controle e redução de massa de matéria seca ao elevar as doses dos herbicidas (Figuras 5, 6 e 7).

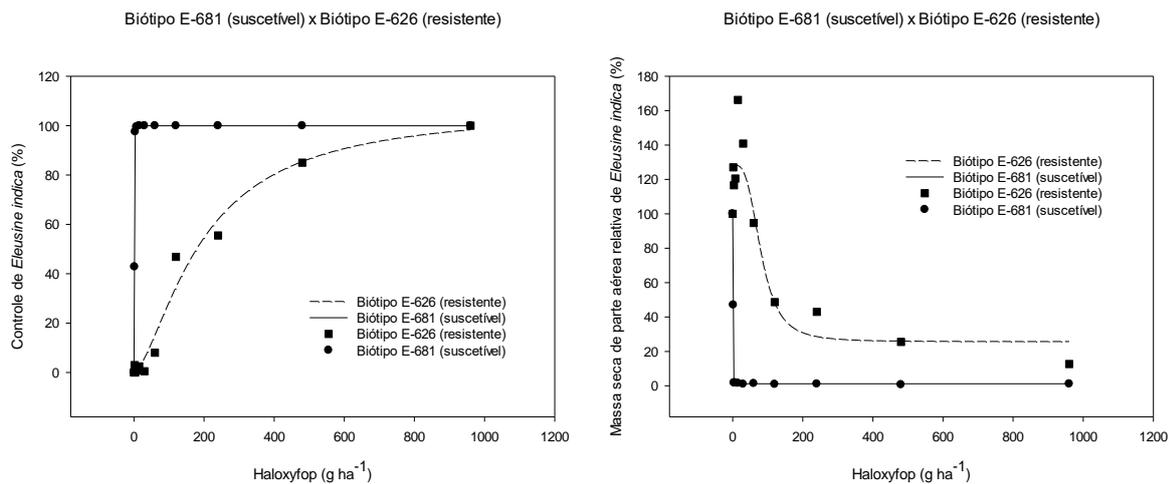


Figura 5. Curvas de dose-resposta das variáveis controle (%) e massa de matéria seca de parte aérea relativa (%) dos biótipos E-626 e E-681 de *Eleusine indica* para o herbicida haloxypop. Sinop-MT, 2022.

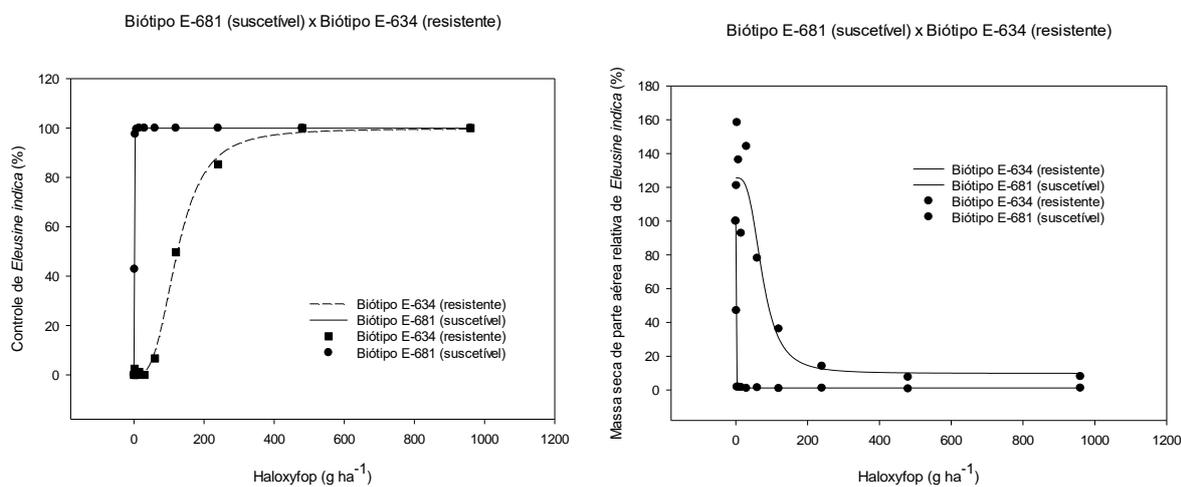


Figura 6. Curvas de dose-resposta das variáveis controle (%) e massa de matéria seca de parte aérea relativa (%) dos biótipos E-634 e E-681 de *Eleusine indica* para o herbicida haloxypop. Sinop-MT, 2022.

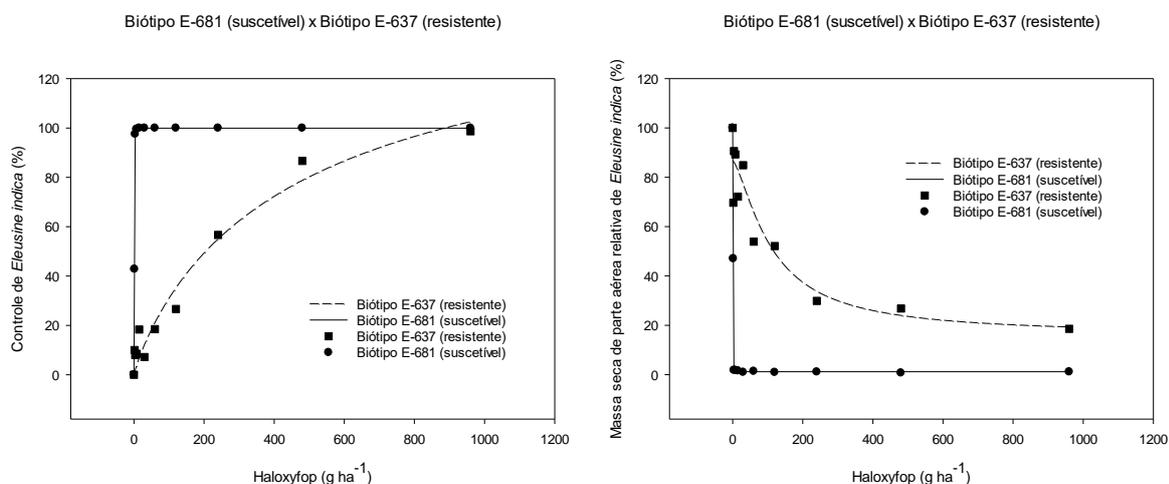


Figura 7. Curvas de dose-resposta das variáveis controle (%) e massa de matéria seca de parte aérea relativa (%) dos biótipos E-637 e E-681 de *Eleusine indica* para o herbicida haloxypop. Sinop-MT, 2022.

O alto investimento na implementação de culturas que exigem implementos e estruturas específicas, associado ao valor econômico e a comodidade de comercialização, favorecem os sistemas sucessivos de culturas. Quando ocorre a sucessão de culturas nos sistemas produtivos, o uso dos mesmos herbicidas é favorecido. No caso do sistema soja-algodão, o milho em segunda safra permite a utilização de moléculas que não poderiam ser usadas anteriormente, como mesotrione, tembotrione, nicosulfuron e atrazine (THEODORO *et al.*, 2018). A ausência da rotação de culturas, na maioria das vezes, fundamenta a aparição de novos casos de resistência por prejudicar as opções alternativas de herbicidas utilizados.

5. CONCLUSÕES

Há ocorrência de resistência múltipla de *E. indica* aos herbicidas haloxyfop-R-methyl e glyphosate, em um biótipo coletado no município de Sorriso-MT (E-626). Além do biótipo com resistência múltipla aos inibidores da ACCase e EPSPs, outros dois biótipos apresentam resistência simples ao herbicida haloxyfop-R-methyl, coletados no município de Tapurah-MT (E-634 e E637). Não foi confirmada resistência de nenhum biótipo ao herbicida clethodim.

6. RECOMENDAÇÕES

Algumas ferramentas do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) não são viáveis para os sistemas produtivos de Mato Grosso e tão pouco prática sustentável ao solo, como o método de controle mecânico por meio da gradagem. Porém, quando há plantas daninhas resistentes na área, todo cuidado deve ser tomado para que o problema não evolua. O uso de herbicidas fica limitado, mas não excluído do MIPD, porque deve ser evitado o ingrediente ativo selecionador da resistência, assim como herbicidas do mesmo mecanismo de ação.

Correia *et al.* (2022) sugerem o uso estratégico de herbicidas na modalidade de aplicação em pré-emergência, sempre rotacionando moléculas de diferentes mecanismos de ação, e o gerenciamento do banco de sementes, evitando que novos diásporos sejam incorporados ao solo. Nesse caso específico, o clethodim ainda é uma opção para controle dos biótipos resistentes abordados, e o glyphosate para os biótipos de Tapurah, uma vez que são resistentes somente ao haloxyfop-R-methyl, entretanto, o ideal seria sempre aderir a rotação frequente de mecanismos de ação.

Métodos como o controle mecânico por meio da capina manual, que eram frequentemente descartados em grandes extensões de área, atualmente são uma realidade. Nos sistemas produtivos de grãos e fibra, em regiões do Mato Grosso, devido aos frequentes escapes ao controle químico, esse método tem sido adotado pelos produtores. Principalmente na cultura do algodão, grandes grupos mato-grossenses adotam a capina manual associada ao controle químico. O controle químico, complementa o mecânico, pois plantas de *E. indica*, frequentemente enraízam e brotam quando suas raízes ainda estão em contato com o solo após a capina (Figura 8).



Figura 8. Equipe de capina trabalhando em lavoura de algodão. Lucas do Rio Verde-MT, 2023. Fonte: arquivo pessoal.

Também é evidente que muitas vezes as plantas capinadas estão em estágio reprodutivo, repletas de propágulos com viabilidade germinativa. Talvez, para aqueles produtores que adotaram a equipe de capina, ensacar ou recolher as plantas capinadas seria uma estratégia que agregaria maior efetividade dessa prática. Há tecnologia e informação suficiente para se evitar a interferência de plantas daninhas, no entanto, o tempo limitado associado a questões climáticas não permitem na maioria das vezes a execução correta das operações nas grandes propriedades.

As culturas de cobertura também são ferramenta essencial no controle de plantas daninhas. A maior deposição de cobertura vegetal morta sobre o solo, produz uma barreira física e inibe a passagem de luz reduzindo a germinação de plantas infestantes fotoblásticas positivas (AMARAL *et al.*, 2020). Sistemas consorciados, além de colaborarem com maior deposição de cobertura vegetal, permitem o uso de plantas forrageiras sem que o produtor deixe de cultivar uma cultura de valor comercial. Culturas com fechamento precoce de entrelinhas também auxiliam no controle por competirem por luz com as plantas daninhas (SEVERINO *et al.*, 2005).

Como prática preventiva, deve-se observar a qualidade das sementes utilizadas, principalmente em sistemas de consórcios com forrageiras, que regularmente apresentam maiores níveis de contaminações, evitando a deposição de propágulos ao banco de sementes do solo. Outra prática pouco observada, é efetuar a limpeza das máquinas e implementos agrícolas terceirizados, principalmente quando oriundos de outra propriedade ou região. Mesmo quando o implemento for próprio, havendo tráfego de um talhão para outro, recomenda-se a limpeza, para evitar a dispersão de sementes de plantas indesejadas (SILVEIRA FILHO; LOPES, 2006).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIEIRO, D. L. P.; KARAM, D. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Londrina: Embrapa Soja. Embrapa Soja. **Circular técnica 132**, p. 11, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, M. V. P. **Controle químico de *Eleusine indica* (L.) Gaertn. em soja Roundup Ready® e resposta de biótipo ao herbicida glifosato**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. 46 p.
- AMARAL, R. S. S.; PEREIRA, L. L.; GUIMARÃES, V. R.; ANTUNES NETO, A.; PASSOS, A. D. Germinação de Sementes de *Eleusine Indica* e *E. tristachya*: Fotoblastia. **Circular Técnica 269**. 11 p. 2020.
- ANDRADE JÚNIOR, E. R. **Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) resistente a herbicidas inibidores da ACCase em áreas algodoeiras de Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2018, 90p.
- BARROSO, A. A. M.; GALEANO, E.; ALBRECHT, A. J. P.; DOS REIS, F. C.; VICTORIA FILHO, R. A anatomia foliar de capim-amargoso influência na resistência ao glyphosate. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.4, p. 445-453, 2015.
- BAKER, H. G. The evolution of weeds. **Annual review of ecology and systematics**, v.5 , n. 1, p. 1-24, 1974.
- BEHE, M. **A caixa preta de Darwin: o desafio da bioquímica à teoria da evolução**. Trad. Ruy Jungmann. 1.ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 300 p., 1997.
- BRIGHENTI, A. M. **Manual de identificação de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar**. Alexandre Magno Brighenti – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 112 p.
- CANEDO, I. F.; ARAÚJO, L. D. S.; SILVA, L. G. B.; VALENTE, M. D. S.; FREITAS, M. A. M. D.; CUNHA, P. C. R. D. Susceptibilidade diferencial ao herbicida glyphosate e capacidade de rebrota de populações de capim-amargoso. **Revista Ceres**, v.66, p. 18-25, 2019.
- CARVALHO, S. J. P.; LOMBARDI, B. P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.
- CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. **Weed Science**, v. 56, n. 5, p. 699-706, 2008.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, p. 507-515, 2003.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE CARVALHO, S. J. P. Adaptadas, espécies infestantes resistem a herbicidas. **Visão agrícola**. v.6, n.9, p.123-125, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistencia de plantas daninhas a herbicidas**. 4ª Edição. Piracicaba: ESALQ. 262 p., 2016.

CONTE, O., POSSAMAI, E. J.; CECERE FILHO, P. Resultados do monitoramento integrado da colheita da soja na safra 2019/2020 no Paraná. **Embrapa Soja - Circular Técnica 168 (INFOTECA-E)**. 2020. 28 p.

CORREIA, N. M.; ARAÚJO, L. D. S.; & BUENO JÚNIOR, R. A. First report of multiple resistance of goosegrass to herbicides in Brazil. **Advances in Weed Science**, v.40, 2022.

DARWIN, C. R. **The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**. 6 ed. London: John Murray, 1872. Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F391&viewtype=text&pageseq=1>> Acesso em: 12 fevereiro. 2023.

DE CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. D. C. A.; GONZALEZ-TORRALVA, F.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; ROJANO-DELGADO, A. M.; DE PRADO, R.; LUQUE DE CASTRO, M. D. Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.60, n.2, p. 615-622, 2012.

DE CARVALHO, G. S.; ANDRÉ, C. V.; ARAUJO, A. L. S.; SOUZA, M. A. A. G.; MENDES, M. A.; DE MELO, J. B. P.; DE PINHO, C. F. Atuação do citocromo P450 no antagonismo entre 2, 4-D e graminicida usado para controle de *Digitaria insularis*. **Anais [...] SIMPOHERBI**, v.1. 2019.

FENG, P. C.; TRAN, M.; CHIU, T.; SAMMONS, R. D.; HECK, G. R.; CAJACOB, C. A. Investigations into glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*): retention, uptake, translocation, and metabolism. **Weed Science**, v.52, n.4, p. 498-505, 2004.

FREITAS, R. S.; BERGER, P. G.; FERREIRA, L. R.; CARDOSO, A. A.; FREITAS, T. A. S., PEREIRA, C. J. Interferência de plantas daninhas na cultura de algodão em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v.20, p. 197-205, 2002.

GAINES, T. A.; DUKE, S. O.; MORRAN, S.; RIGON, C. A.; TRANEL, P. J.; KÜPPER, A.; DAYAN, F. E. Mechanisms of evolved herbicide resistance. **Journal of Biological Chemistry**, v.295, n.30, p. 10307-10330. 2020.

GAZZIERO, D. L. P.; GALLI, A. J. B.; KARAM, D. Critérios para relatos oficiais estatístico de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas - Sete Lagoas: **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**; Campinas: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas no Brasil. 22p., 2008.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito dos cofatores hidroquinona, prolina e triptofano no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, v.35, p. 1017-1026, 2011.

GOUVEIA, A. D. S. **Defesa bioquímica de plantas: alterações do metabolismo pelo fungo Pochonia chlamydosporia e nematoides**. Tese (Doutorado em Bioquímica Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa. 2022, 145 p.

HALL, L. M.; STROMME, K. M.; HORSMAN, G. P.; DEVINE, M. D. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Science**, v. 46, n. 4, p. 390-396, 1998.

HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Online. Saturday, January 29, 2023. Disponível em: <www.weedscience.org> Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

IMEA. **Relatório de Mercado** – Algodão, Custo de produção mensal algodão Mato Grosso – algodão – 23/24. 2023. Disponível em: < <https://imea.com.br/imea-site/arquivo-externo?categoria=relatorio-de-mercado&arquivo=cup-algodao&numeropublicacao=1>> Acesso em: 21 de maio de 2023.

JALALUDIN, A.; NGIM, J.; BAKAR, B.H.J.; ALIAS, Z. Preliminary findings of potentially resistant goosegrass (*Eleusine indica*) to glufosinate-ammonium in Malaysia. **Weed Biology and Management**. v.10, p. 256-260, 2010.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal** 2.ed [reimp.]. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 431p., 2012.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. p. 91-102, 1928.

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

LOPES, J. G. D. O. **Aplicação sequencial de herbicidas dessecantes no manejo do capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde)**. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO. 2019, 34 p.

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

MACHINESKI, G. S.; DALAZEN, G.; VICTOLA, C. A. G.; COLOMBO, L. A.; BIDOIA, F. L. Viabilidade técnica e econômica da adição de inibidores da ACCase e da ALS ao glyphosate no controle de plantas daninhas e no rendimento de grãos da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.18, n.3, p. 674-1, 2019.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. **Documentos 227** / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111. 36p. 2008.

MEYER, S. C.; TERRY, M. **Darwin's doubt: The explosive origin of animal life and the case for intelligent design**. New York. 520p. 2013.

MONQUEIRO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DIAS, C. T. S. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, v. 18, p. 419-425, 2000.

MONQUERO, P. A. Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas / organizado por Patricia Andrea Monquero – São Carlos: **RiMa Editora**, 430p., 2014.

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

MOREIRA, C. R.; PRIMIERI, C.; ROSA, H. A.; & BORSOI, A. Controle de milho voluntário RR na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v.10, n.4, p. 1-11, 2017.

NUNES, J. J.; WERLE, R.; DE FREITAS, M. A.; DA CUNHA, P. C. Multiple resistance in goosegrass to clethodim, haloxyfop-methyl and glyphosate. **Advances in Weed Science**, v. 40, p. 9, 2022.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR. 348p., 2011.

OPEÑA, J. L.; QUILTY, J. R.; CORREA JR, T. Q.; CHAUHAN, B. S. Weed population dynamics, herbicide efficacies, and crop performance in a sprinkler-irrigated maize-rice cropping system. **Field Crops Research**, v.167, p. 119-130, 2014.

OSUNA, M. D.; GOULART, I. C. G. R.; VIDAL, R. A.; KALSING, A.; RUIZ SANTAELLA, J. P.; DE PRADO, R. Resistência aos inibidores de ACCase em *Eleusine indica* do Brasil envolve uma mutação na enzima alvo. **Planta Daninha**, v.30, p. 675-681, 2012.

PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. **Planta daninha**, v.33, p. 622-623, 2015.

RAIMONDI, M. A.; OLIVEIRA, J. R.; CONSTANTIN, J.; FRANCHINI, L. H. M.; BIFFE, D. F.; BLAINSKI, É.; RAIMONDI, R. T. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodão em semeadura adensada na safrinha. **Planta Daninha**, p. 12, 2014.

RIZZARDI, M.; TIRONI, S.; VARGAS, L.; GALON, L. **Controle de plantas daninhas: manejo de plantas daninhas na cultura da soja em Coxilha**. Santa Maria: Editora GR. 38 p., 2022

SCHERER, M. B. **Morfologia, fisiologia e controle químico do capim pé-de-galinha em diferentes regimes hídricos**. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2017, 75 p.

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

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio: implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta daninha**, v.23, p. 589-596, 2005.

SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; PIRES, F. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, J. FERREIRA.; SILVA, J. F.; VARGAS, L; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R.; JÚNIOR, R. S. O.; PROCÓPIO, S. **Proteção de Plantas – Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa, 254p., 2010.

SILVEIRA FILHO, A.; LOPES, A. D. M. **Controle de plantas daninhas nas culturas de arroz, milho e soja**. Embrapa Amazônia Oriental. 12p., 2006.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v.1, n.1, p. 34-43, 2013.

STECKEL, L. E.; MAIN, C. L.; ELLIS, A. T.; MUELLER, T. C. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Tennessee has low level glyphosate resistance. **Weed Technology**, v.22, n.1, p. 119-123, 2008.

STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 858p., 2017.

- TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; PADOVESE, J. C. Crescimento, desenvolvimento e produção de sementes de capim-pé-de-galinha. **Planta Daninha**, v.34, p. 249-258, 2016.
- TAKANO, H. K.; OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; GHENO, E. A. Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. **Planta Daninha**, 35p., 2017.
- TEIXEIRA, D. E.; PAULA, R. L. G.; NAPOLITANO, H. B. Legislação e Normatização para o Glifosato no Brasil. **Revista Processos Químicos**, v.13, n.25, p. 105-116, 2019.
- THEODORO, J. G. C.; DE OLIVEIRA, G. M. P.; DOS SANTOS, É. S. T.; PADUAN, F. N., ALBERTI, R. P.; LOFRANO, L. G.; OSIPE, J. B. Herbicidas utilizados em milho no controle de soja voluntária. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.4, p. 616-1, 2018.
- TIMOSSI, P. C.; DURIGON, J. C.; LEITE, G. J. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta Daninha**, v. 24, p. 475-480, 2006.
- TREZZI, M. M.; MATTEI, D.; VIDAL, R. A.; KRUSE, N. D.; GUSTMAN, M. S.; VIOLA, R.; SILVA, H. L. Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2, 4-D no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v.25, p. 839-847, 2017.
- VARGAS, L.; ULGUIM, A. D. R.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; THÜRMER, L. Low level resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to glyphosate in Rio Grande do Sul-Brazil. **Planta Daninha**, v.31, p. 677-686, 2013.
- VARGAS, L.; MELO, M. S. C.; ROSSI, C. V. S.; MONQUEIRO, P.A.; MEROTTO, A., ZOBIOLE; L. H. S., ALVES, S. N. R. Ten steps for reports of new cases of herbicide resistance of weeds in Brazil. **Informe Técnico. HRAC-BR**. v. 0003, n. 0001. p. 5, 2021.
- VAZQUEZ-GARCIA, J. G.; ALCANTARA-DE LA CRUZ, R.; ROJANO-DELGADO, A. M.; PALMA-BAUTISTA, C.; DE PORTUGAL VASCONCELOS, J. M.; DE PRADO, R. Multiple herbicide resistance evolution: the case of *Eleusine indica* in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.69, n.4, p. 1197-1205, 2021.
- VIDAL, R. A.; LAMEGO, F. P.; TREZZI, M. M. Diagnóstico da resistência aos herbicidas em plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 24, p. 597-604, 2006.
- VIDAL, R. A.; MEROTTO JR, A.; SCHAEGLER, C. E.; PINTO LAMEGO, F.; PORTUGAL, J.; MENENDES, J.; DE PRADO, R. Mecanismos de ação dos herbicidas. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**, v.10, p. 235-256, 2014.
- VIVIAN, R. S. A. A., SILVA, A. A., GIMENES JR, M., FAGAN, E. B., RUIZ, S. T., LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. **Planta daninha**, v.26, p. 695-706. 2008.