

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALDAS,
CONTROLE DE GRAMÍNEAS E SELETIVIDADE DE
NICOSSULFUROM ISOLADO E EM MISTURA COM
GRAMINICIDAS PARA O MILHO**

**Karina Petri dos Santos
Engenheira Agrônoma**

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALDAS,
CONTROLE DE GRAMÍNEAS E SELETIVIDADE DE
NICOSSULFUROM ISOLADO E EM MISTURA COM
GRAMINICIDAS PARA O MILHO**

Karina Petri dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal

S237c

Santos, Karina Petri dos

Características físico-químicas de caldas, controle de gramíneas e seletividade de nicossulfurom isolado e em mistura com graminicidas para o milho / Karina Petri dos Santos. -- Jaboticabal, 2022

68 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

1. Compatibilidade. 2. Digitaria insularis. 3. Eleusine indica. 4. Zea mays. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALDAS, CONTROLE DE GRAMÍNEAS E SELETIVIDADE DE NICOSSULFUROM ISOLADO E EM MISTURA COM GRAMINICIDAS PARA O MILHO

AUTORA: KARINA PETRI DOS SANTOS

ORIENTADOR: LEONARDO BIANCO DE CARVALHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEONARDO BIANCO DE CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. ARTHUR ARROBAS MARTINS BARROSO (Participação Virtual)
Universidade Federal do Paraná-UFPR / Curitiba/PR

Prof. Dr. LEANDRO GALON (Participação Virtual)
Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim - UFFS / Erechim/RS

Jaboticabal, 25 de fevereiro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KARINA PETRI DOS SANTOS – Agrônoma, filha de Rosemeire Aparecida Petri dos Santos e José Carlos dos Santos, nasceu em Colina, interior do Estado de São Paulo, no dia 27 de Maio de 1997. cursou os Ensino Fundamental e Médio na Escola Técnica Agropecuária “São Francisco de Assis”. Em 2015, iniciou o curso de Agronomia no Centro Universidade da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), foi bolsista por um ano do PIBIT UNIFEB com o projeto intitulado “Eficiência da aplicação eletrostática no controle de plantas aquáticas em casa de vegetação, foi bolsista por oito meses da Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão participando dos projetos intitulados “Desenvolvimento de Sistema de Avaliações Ambientais e da Corrosividade de Fontes de Cloro Utilizadas na Prevenção da Incrustação de Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*) em Sistema de Refrigeração de Turbinas” e “Monitoramento do Resíduo do Herbicida Glifosato em água da Represa Cachoeira após utilização em área de restauração ecológica do estado de São Paulo – Regularização de Termos de Compromisso de Recuperação”. Estagiou por dois anos e oito meses no Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de agrotóxicos de Barretos (LEEA). Fez estágio obrigatório no Laboratório de Matologia (LabMato) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ FCAV), Campus de Jaboticabal. Em março de 2020, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia com ênfase na área de Produção Vegetal junto a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ FCAV), Campus de Jaboticabal. Atualmente, integra o grupo de pesquisas do Laboratório de Matologia (LabMato) pertencente ao departamento de Fitossanidade da FCAV. Em Fevereiro de 2022, submeteu-se à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

EPÍGRAFE

Não há caminho errado. O aprendizado e a experiência estão em todos os caminhos.

Zíbia Gasparetto

Aos meus pais José Carlos e Rosemeire.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus e a espiritualidade amiga, por me conduzirem pelos caminhos que me trouxeram até aqui.

Aos meus pais José Carlos dos Santos e Rosemeire Aparecida Petri dos Santos e ao meu querido irmão Jeferson Petri dos Santos pelo amor, incentivo incondicional aos estudos e pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao meu companheiro Renan Marcos da Silva por todo amor, carinho e paciência em meus momentos de angústia e também pela ajuda nas avaliações dos experimentos.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal –FCAV/UNESP e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal pela oportunidade da realização do curso de Mestrado, por toda infraestrutura e recursos recebidos.

Ao Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho pela orientação, pelos ensinamentos e contribuição no meu crescimento profissional e pessoal.

Aos colegas do Laboratório de Matologia (LabMATO), Carlos, Inácio, Nagilla, Pâmela, Wilson e Yanna pela amizade e colaborações no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de Pós graduação Decimara, Isabella Brunetti, Júlia, Thalia e Ricardo pelo apoio e amizade e em especial à Ana Beatriz, pelas conversas em momentos difíceis e por toda ajuda nos experimentos.

Às minhas queridas amigas Ana Verônica Lino e Andreisa Flores Braga que tanto contribuíram para meu desenvolvimento pessoal.

Aos membros da banca de qualificação Prof Dr. Igor Cruz Malaspina e a Dr. Mariluce Pascoina Nepomuceno por terem contribuído pela disponibilidade, pelas correções e sugestões para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB) por ter sido a base da minha formação profissional.

Ao Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de Agrotóxicos (LEEA), lugar que me apresentou ao universo científico e foi peça chave para que eu pudesse ingressar no mestrado.

Ao meu orientador de graduação Claudinei da Cruz e minha co-orientadora Nathalia Garlich pelo incentivo ao ingresso na pós graduação.

À Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pela ajuda na condução dos experimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	3
1.2.1 A cultura do milho	3
1.2.2 Plantas Daninhas	4
1.2.2 .1 <i>Digitaria insularis</i>	4
1.2.2 .2 <i>Eleusine indica</i>	5
1.2.4 Herbicidas	6
1.2.4.1 Nicossulfurom	6
1.2.4.2 Cletodim	7
1.2.4.3 Haloxifope-p-metílico	7
1.2.5 Mistura em tanque e propriedades físico-química de caldas	8
1.3 Referências	10
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS CALDAS DE NICOSSULFUROM COM ADIÇÃO DE GRAMINICIDAS	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
2.1 INTRODUÇÃO	19
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	20
2.2.1 Tratamentos	20
2.2.1 Estabilidade de calda, pH e condutividade elétrica	20
2.2.2 Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato	22
2.2.3 Análise de Dados	22
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
2.4 CONCLUSÃO	27
2.5 REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 3 – MISTURA DE HERBICIDAS: CONTROLE DE GRAMÍNEAS E SELETIVIDADE PARA O MILHO	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33

3.1 INTRODUÇÃO	34
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.2.1 Controle de plantas daninhas	36
3.2.2 Seletividade para milho	37
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.3.1 Controle de plantas daninhas	39
3.3.2 Seletividade ao milho	43
3.4 CONCLUSÃO	50
3.5 REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALDAS, CONTROLE DE GRAMÍNEAS E SELETIVIDADE DE NICOSSULFUROM ISOLADO E EM MISTURA COM GRAMINICIDAS PARA O MILHO

RESUMO - O controle químico de plantas daninhas usando-se as mesmas moléculas herbicidas ocasiona pressão de seleção, desencadeando a seleção de plantas resistentes. O uso de misturas de herbicidas de diferentes mecanismos de ação é uma importante alternativa para aumento da eficácia de controle. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de controle de gramíneas, a seletividade para milho e as características físico-químicas das caldas de nicossulfurom aplicado isolado e/ou em mistura com subdoses de cletodim e haloxifope-p-metilico. Para análise de calda foram realizados teste de estabilidade, pH, condutividade elétrica, tensão superficial e ângulo de contato. Avaliou-se a eficácia de controle de *Digitaria insularis* e *Eleusine indica* e a seletividade das misturas para a cultura do milho em condição de casa de vegetação. Os dados foram analisados pela análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Em todas as caldas ocorreu a formação de sedimento, que foi redisperso após agitação. O pH reduziu com o passar do tempo e a condutividade elétrica não variou entre os tratamentos. A tensão superficial e o ângulo de contato reduziram conforme o aumento da dose de graminicida na calda. As misturas de Nico₆₀+Cle_{43,2} , Nico₆₀+Cle_{64,8} proporcionaram respectivamente controles de 92 e 97% de *D. insularis* e as aplicações de Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂ proporcionam respectivamente controles entre 90 e 95% de *E. indica*. Entretanto, o tratamento Nico₆₀+Halo₁₈ foi o que apresentou melhor controle de *D. insularis* (100%) e *E. indica* (98%). Os tratamentos Nico₆₀+Cle_{64,8} , Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈ não foram seletivos para o híbrido de milho AG8088PRO2.

Palavras-chave: Compatibilidade *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Zea mays*

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF NICOSULFURON SPRAY WITH ADDITION OF GRAMINICIDES, GRASS CONTROL AND CORN SELECTIVITY

ABSTRACT - Chemical plant control of plants using as cited occasional herbicides selection of resistant plants, triggering the selection of resistant plants. The use of herbicide mixtures with different mechanisms of action is an important alternative to increase the control operation. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of grass control, the selectivity for maize and the physicochemical characteristics of nicosulfuron mixtures applied alone and/or in mixture with sub-doses of cletodim and haloxyfop-p-methyl. For grout analysis, stability, pH, electrical conductivity, surface tension and contact angle tests were performed. The effectiveness of controlling *Digitaria insularis* and *Eleusine indica* and the selectivity of the mixtures for corn under greenhouse conditions were evaluated. Data were analyzed by analysis of variance and means compared by Tukey's test. In all the sprays, the formation of sediment occurred, which was redispersed after stirring. The pH decreased over time and the electrical conductivity did not vary between treatments. The surface tension and the contact angle reduced with the increase of the graminicide dose in the spray. The mixtures of Nico₆₀+Cle_{43.2}, Nico₆₀+Cle_{64.8} provided respectively controls of 92 and 97% of *D. insularis* and the applications of Nico₆₀+Halo₆ and Nico₆₀+Halo₁₂ respectively provided controls between 90 and 95% of *E. indica*. However, the Nico₆₀+Halo₁₈ treatment showed the best control of *D. insularis* (100%) and *E. indica* (98%). The treatments Nico₆₀+Cle_{64.8}, Nico₆₀+Halo₁₂ and Nico₆₀+Halo₁₈ were not selective for the corn hybrid AG8088PRO2.

Keywords: Compatibility, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Zea mays*

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos principais cereais produzidos no mundo e a segunda cultura de maior importância no Brasil. Alguns fatores podem afetar a produtividade do milho, dentre eles a ocorrência de plantas daninhas, que ocasionam competição por recursos como radiação solar, nutrientes, água, reduzem a produtividade na ordem de 53 a 72%, além de afetarem a qualidade dos grãos colhidos (Tursun et al., 2016; Salomão et al., 2020).

Dentre os métodos de controle de plantas daninhas na cultura milho, o químico é um dos principais ou quase que ferramenta exclusiva utilizada, devido ao alto rendimento operacional, eficiência e menor custo ao ser comparado com outros métodos. A utilização do controle químico foi intensificada também pelo advento de cultivares com transformação genética (OGMs) que conferiu a resistência em culturas, assim possibilitou a melhora na eficácia de controle das plantas daninhas e o consequente aumento na utilização do glyphosate (Perotti et al., 2020) ou mesmo do amonio-glufosinate (Galon et al., 2020).

A expansão dos cultivos de culturas transgênicas e o uso excessivo de mesmas moléculas herbicidas, como exemplo o glifosato, estimularam a seleção de plantas daninhas resistentes, a um ou a dois ou mais mecanismos de ação (Perotti et al., 2020; Huang et al., 2021). Duas das principais plantas daninhas com casos de resistência a herbicida são o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde) e o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) (Heap, 2022).

Uma alternativa para controlar e evitar a disseminação de plantas resistentes é o uso de misturas em tanque com herbicidas de diferentes mecanismos de ação, como o nicosulfurom associado a gramínicidas. Esse herbicida apresenta seletividade para a cultura do milho dependente de doses e do híbrido que é aplicado, com amplo espectro de controle. Ao se associar o nicosulfurom com subdoses dos herbicidas inibidores da ACCase como o cletodim e haloxifope-p-metilico (haloxifope) pode-se ter melhora na eficácia de controle de gramíneas e melhor seletividade ao milho.

No entanto, misturas de produtos em tanque de pulverização podem desencadear problemas de incompatibilidades física e química, formação de grânulos ou pastas, decantação e incrustações nas paredes, filtros, mangueiras e pontas do pulverizador, prejudicando até mesmo o correto funcionamento do equipamento (Grazziero, 2015).

Diante desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas de caldas, controle de gramíneas e seletividade do herbicida nicossulfurom isolado e em mistura com subdoses dos graminicidas cletodim e haloxifope para o híbrido de milho AG8088PRO2.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.), é uma espécie nativa das américas, pertencente à família botânica Poaceae (Môro e Fritsche-Neto, 2017). A planta de milho é resultado de uma série de seleções feitas pelo homem ao longo do tempo com o objetivo de aumentar a produção de grãos e facilitar a colheita, tornando-a muito diferente de seu ancestral selvagem, o teosinto. Há evidências de que a domesticação desta espécie iniciou há mais de 10.000 anos, uma vez que era o principal cultivo das civilizações maias, astecas e incas. Com o descobrimento das Américas por Colombo, a espécie foi disseminada por todo o planeta (Parente, 2019; Paterniani e Campos, 2005).

É uma planta de ciclo curto com porte variável, sendo que algumas cultivares atingem até 3,5 m de altura. Possui raízes fasciculadas, folhas alternadas e lanceoladas, colmo dividido por nós e pode apresentar de uma até três espigas. A inflorescência feminina sai nas axilas das folhas e a masculina (em forma de espiga composta) se localiza na parte terminal do colmo. Trata-se de uma planta monóica em que o tipo de polinização principal é anemófila (Barbosa, 1983).

A semente de milho é do tipo cariopse, na qual a parte interna é dividida em endosperma e embrião e as paredes do ovário que revestirão a semente é denominada pericarpo. O pericarpo é, portanto, um tecido materno independente da fertilização (José et al., 2004; Smith et al., 2004).

O milho é uma das plantas com maior eficiência no armazenamento de energia. A partir de uma semente com cerca de 0,3 g surge uma planta com mais de 2,0 m de altura em cerca de nove semanas que produz de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (Aldrich et al., 1982). Essa cultura apresenta grande importância na agricultura brasileira, sendo o segundo grão mais cultivado, ficando atrás somente da soja. No ranking mundial, o Brasil é o terceiro maior produtor, sendo superado apenas por Estados Unidos e China, com uma produção estimada de 117,18 milhões de toneladas de grãos na safra 2021/22 (CONAB, 2022).

O interesse principal da cultura está na produção de grãos, que são de suma importância para o segmento de proteína animal destinado a ração para alimentação

animal. Parte da produção é destinada para alimentação humana e para a geração de biocombustíveis, tornando-o uma espécie indispensável para a humanidade (Môro; Fritsche-Neto, 2015; Miranda, 2018).

1.2.2 Plantas Daninhas

1.2.2 .1 *Digitaria insularis*

O gênero *Digitaria* sp. engloba cerca de 300 espécies de plantas distribuídas em diferentes regiões do mundo, em climas tropical e subtropical (Canto-Dorow, 2001). O capim-amargoso [*Digitaria insularis* (L.) Fedde] é espécie nativa de regiões tropicais e sub-tropicais da América, onde é frequentemente encontrada em áreas cultivadas, à beira de estradas e terrenos baldios (Machado et al., 2008).

Trata-se de uma planta pertencente à família Poaceae, de ciclo perene, herbácea, ereta e rizomatosa. A propagação ocorre através de sementes e curtos rizomas, formando grandes touceiras (Kissmann, 1997; Lorenzi, 2008). Possui metabolismo fotossintético do tipo C4, ou seja, o aproveitamento da luz solar e resposta fotossintética são maiores em condições de alta irradiação solar e altas temperaturas (Taiz e Zeiger, 2017).

As sementes do capim-amargoso são revestidas por inúmeros pelos, que favorecem dispersão pelo vento para longas distâncias, permitindo a fácil dispersão da espécie (Kissmann e Groth, 1997).

É considerada uma planta daninha problemática e se tornou, nos últimos anos, uma das principais espécies infestantes dos cultivos no Brasil (Lopes-Ovejero et al., 2017). Este fato está relacionado às suas características de agressividade, como a capacidade de formação de rizomas, grandes touceiras e a elevada disseminação de sementes durante todo o verão (Kissmann e Groth, 1997; Lorenzi, 2008). Quando a planta se estabelece com a formação dos rizomas, a dificuldade de controle químico é elevada (Gemelli et al., 2012).

Além disso, as ocorrências de casos de resistência e o aumento crescente na dose necessária de glifosato para o controle de capim-amargoso dificultam o manejo

da espécie e evidenciam a importância do estudo de novas estratégias de controle (Melo, 2011).

Supõe-se que a resistência do capim-amargoso ao glifosato decorra de diferentes mecanismos, como: elevada produção da enzima EPSPS (Barroso, 2014), menor translocação do herbicida na planta (Carvalho et al., 2012), menor absorção ou mutações no gene EPSPS (Galeano et al., 2016).

Estudo realizado por Kashiwaqui (2016) aponta que o capim amargoso pode ocasionar perdas na produtividade de milho de até 69 %.

1.2.2 .2 *Eleusine indica*

O capim-pé-de-galinha [*Eleusine indica* (L.) Gaertn] é uma espécie daninha originária da Ásia, comum no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e amplamente distribuída pelas regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo, com maior presença entre os trópicos de câncer e capricórnio (Kissmann & Groth, 1997).

Pertence à família Poaceae, de ciclo anual ou perene, ereta e muito enraizada, formando densas touceiras. Possui metabolismo fotossintético C4 e a reprodução se dá somente via sementes (Lorenzi, 2008; Taiz e Zeiger, 2017).

As folhas estão mais presentes na base do colmo e são protegidas por bainhas foliares de menor tamanho. A base do caule é achatada e as inflorescências são constituídas por cinco a 12 racemos digitados ou subdigitados. Cada planta pode produzir até 120.000 sementes, dos 38 aos 108 dias após a emergência. As sementes possuem superfície com estrias finas, borda ovalada e coloração escura (violeta) (Barroso et al., 2021).

Há relatos de capim-pé-de-galinha resistente à herbicidas em todo o mundo, à grande parte dos mecanismos de ação. No ano de 2003 ocorreu o primeiro caso de *E. indica* resistente aos inibidores da acetil-CoA carboxilase (ACCase). A resistência a glifosato foi identificada no ano de 2016 e no ano seguinte um biótipo no estado do Mato Grosso possuía resistência múltipla a ambos mecanismos de ação (Heap, 2022).

A resistência de capim-pé-de-galinha ao glifosato é decorrente de uma ou duas mutações no gene EPSPS. A que ocorre no Brasil, é resultado de uma alteração de Prolina para Serina, na posição 106 do gene (P106S) (Takano et al., 2019).

1.2.4 Herbicidas

1.2.4.1 Nicossulfurom

O nicossulfurom (2-[(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbamoil)sulfamoil] -N , N - dimetilnicotinamida) é um herbicida pertencente ao grupo químico das sulfoniluréias, que inibe a enzima acetolactato sintase (ALS), sendo essa responsável pela síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), interrompe a síntese proteica, e, conseqüentemente interfere na síntese do DNA e no crescimento celular (Krolikowski, 2015). É absorvido de forma rápida pela planta sendo transloucado para a região meristemática, onde a enzima ALS é mais ativa (Jakelaitis et al., 2005).

De acordo com as características químicas, o herbicida é uma ácido fraco, existindo principalmente na forma aniônica em valores de pH acima do pK_a , (4,3) e é considerado um composto móvel no solo com riscos de lixiviação para as águas subterrâneas (Sarmah e Sabadie, 2002; Charles et al., 2018).

É amplamente utilizado para o controle de plantas daninhas em áreas de cultivo de milho devido à sua seletividade para a cultura e amplo espectro de controle de diferentes espécies de plantas daninhas (McCullough et al., 2012; Cholette et al., 2019; Rezende et al., 2020; Zandvakili et al., 2020).

A seletividade do nicossulfurom à cultura do milho, ocorre através de metabolização do produto em compostos não ativos, sendo que cultivares tolerantes metabolizam os herbicidas do grupo das sulfonilureias mais rapidamente (Green e Ulrich, 1994; Galon et al., 2010).

A tolerância dos diferentes híbridos de milho aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias é bastante variável (Cavaliere et al., 2008). Mesmo híbridos que são considerados tolerantes às sulfonureias podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada, sendo que na maioria dos casos a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho.

Recomenda-se que a aplicação de nicossulfurom em milho seja realizada até o estágio V6, pois a partir deste estágio ocorre o efeito guarda-chuva, onde a planta intercepta maior quantidade do produto que deveria atingir as plantas daninhas (Oliveira et al., 2021).

1.2.4.2 Cletodim

O herbicida cletodim ((RS)-2-[(E)-1-[(E)-3-chloroallyloxyimino]propyl]-5-[2-(ethylthio)propyl]-3-hydroxycyclohex-2-enone) é um graminicida pós-emergente, eficaz no controle de diversas gramíneas. Inibe a ação a enzima acetil coenzima-A carboxilase (ACCase) e interfere na biossíntese de ácidos graxos na planta, constituintes de ceras e suberinas, essenciais para formação de membranas e que são utilizados também como forma de armazenamento de energia (Radwan, 2012).

Os herbicidas deste grupo são seletivos para eudicotiledônes, pois inibem somente a enzima ACCase em sua forma homodímera. Espécies eudicotiledôneas, possuem a enzima ACCase nas formas homodímeras e heterodímeras no cloroplasto. Já as espécies monocotiledôneas possuem apenas a forma homodímera nos plastídeos, o que as torna sensíveis a ação destes herbicidas (Yu et al., 2013). No entanto algumas gramíneas como trigo, arroz e cevada conseguem ser seletivas aos herbicidas deste grupo, ao metabolizar a molécula herbicida para formas não tóxicas (Sweester et al., 1982).

Esse herbicida é indicado para o controle de gramíneas como *Urochloa plantaginea*, *Digitaria insularis* e milho voluntário resistente ao glifosato (Barroso et al., López-Ovejero et al., 2016; Oliveira Monteiro et al., 2017; Bianchi et al., 2020).

1.2.4.3 Haloxifope-p-metílico

O haloxifope-p-metílico (methyl (R)-2-{4-[3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridyloxy]phenoxy}propanoate) é um herbicida seletivo utilizado para o controle de monocotiledôneas em pós-emergência nas culturas dicotiledôneas (soja, feijão, fumo.) e em monocotiledôneas como o milho que possui gene que confere resistência a este herbicida. Apresenta eficácia no controle de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria*

plantaginea, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria insularis* e *Eleusine indica* (Barroso et al., 2010; Melo et al., 2017).

O mecanismo de ação consiste na inibição da enzima acetil coenzima-A carboxilase (ACCase), enzima que regula a biossíntese de lipídeos, necessários para síntese e manutenção de membranas celulares (Pereira et al., 2010).

1.2.5 Mistura em tanque e propriedades físico-química de caldas

A mistura em tanque pode ser definida como a associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da pulverização. Essa mistura é realizada com o intuito de aumentar o espectro de ação da operação e reduzir o número de aplicações em uma mesma área para o controle simultâneo de diferentes alvos (insetos, doenças e plantas daninhas) (Gazziero, 2015).

É uma importante alternativa para controle de plantas daninhas resistentes ou de difícil controle, pois a mistura de produtos com diferentes mecanismos de ação pode apresentar maior eficiência do que a aplicação dos herbicidas de forma isolada (Vargas e Roman, 2006).

Trata-se de uma prática amplamente utilizada devido à redução de custos em decorrência do menor número de entradas da máquina na área. Além disso, reduz a compactação do solo, proporciona economia de água, tempo e gasto com combustível e abrevia o tempo de exposição do aplicador aos produtos fitossanitários. Entretanto, podem ocorrer efeitos adversos como incompatibilidade entre produtos devido alterações físico-química das caldas, efeitos tóxicos desconhecidos e a perda de eficácia de moléculas dos produtos fitossanitários, além de riscos ao meio ambiente (Vale et al., 2019; Gandini, 2020).

Essas misturas podem sofrer ações aditivas (em que a ação da mistura é a soma das ações de cada um dos agentes envolvidos), sinérgicas (quando a ação da mistura é superior à soma das ações de cada agente isolado) ou antagônicas (onde a ação da mistura é inferior à soma das ações de cada agente) (Ikeda, 2014).

As alterações físico-químicas da calda podem ocasionar efeito nos valores de pH, condutividade elétrica, tensão superficial e estabilidade da calda, que irão

influenciar na eficiência dos tratamentos fitossanitários (Andrade et al., 2013; Della Vechia, 2017).

Além disso, o desempenho dos produtos pode ser afetado por alterações físicas que ocasionam a formação de precipitados, aglomerados e separação de fases, o que significa que parte dos produtos não será carregada até o alvo junto com as gotas pulverizadas, diminuindo a quantidade do produto disponível para o controle do organismo, devido às perdas pelas reações dentro do tanque (Silva et al., 2007; Della Vechia, 2017)

1.3 Referências

Aldrich SR, Scott WO Leng ER (1982) **Modern corn production**. 2.ed.Champaign: A & L Publication, 371p.

Andrade DJ, Ferreira MC, Fenólio LG (2013) Compatibilidade entre acaricidas e fertilizantes foliares em função de diferentes águas no controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis*. **Revista Brasileira de Fruticultura** 35: 39-50.

Barbosa JVA (1983) **Fisiologia do milho. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico** (ALICE).

Barroso AAM. (2013). **Caracterização genética e foliar de capim-amargoso resistente ao herbicida glyphosate e eficácia de seu controle com associação de herbicidas**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – USP, Piracicaba.

Barroso AAM, Dalazen G, Netto AG, Roncatto E, Malardo MR, Markus C, Christoffoleti PJ (2021) Controle de espécies resistentes ao glifosato. In.: Barroso AAM; Murata AT (Eds.) **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, p. 392-427.

Barroso ALL, Dan HA, Procópio SO, Toledo REB, Sandaniel CR, Braz GBP, Cruvinel KL (2010) Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha** 28:149-157.

Bianchi L, Anunciato VM, Gazola T, Perissato SM, de Carvalho Dias R, Tropaldi L, Velini ED (2020) Effects of glyphosate and clethodim alone and in mixture in sourgrass (*Digitaria insularis*). **Crop Protection** 138:105322.

Canto-Dorow TS (2001) *Digitaria Heister* ex Haller. Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 143-150.

Cavaliere SD, Oliveira Junior RS, Constantin J, Biffe DF, Rios FA, Franchini LHM (2008) Tolerance of corn hybrids to nicosulfuron. **Planta Daninha** 26:203-214.

Carvalho LB, Alves PLDCA, Gonzalez-Torralva F, Cruz-Hipolito HE, Rojano-Delgado AM, De Prado R, Gil-Humanes J, Barro F, Luque de Castro, MD (2012). Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of agricultural and food chemistry** 60: 615-622.

Charles L, Joly M, Bonnemoy F, Lereboure M, Donnadiou F, Batisson I, Besse-Hoggan P (2018) Biodegradation and toxicity of a maize herbicide mixture: mesotrione, nicosulfuron and S-metolachlor. **Journal of Hazardous Materials** 354:42-53.

Cholette TB, Soltani N, Hooker DC, Robinson DE, Sikkema PH (2019) Suppression of annual ryegrass in corn with nicosulfuron. **Weed Technology** 33:173-177.

CONAB (2022) Acompanhamento de safra brasileira de grãos: 4º levantamento. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento.

Della Vechia, J.F (2017). **Interação entre produtos fitossanitários no manejo de *Brevipalpus yothersi* e *Diaphorina citri* na cultura dos citros**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Oliveira Monteiro, L., Saraiva, T. S., de Castro, C. E. C., Roquette, J. J., & de Souza, E. L. C. (2017). Eficácia do Herbicida Cletodim em Mistura com Bioestimulante a Base Algas no Controle do Milho RR. **Revista Agroveterinária, Negócios e Tecnologias**, 2(1), 08-22.

de Oliveira MF, Trindade RDS, de Oliveira AC, Sallum, DB (2021) **Tolerância diferencial de híbridos de milho ao herbicida nicossulfurom**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Circular Técnica 274).

Melo MSC, da Rocha LJFN, Brunharo CADCG, da Silva DCP, Nicolai M, Christoffoleti PJ (2017) Alternativas de controle químico do capim-amargoso resistente ao glyphosate, com herbicidas registrados para as culturas de milho e algodão. **Revista Brasileira de Herbicidas** 16:206-215.

Galeano E. et al. (2016) EPSPS variability, gene expression., and enzymatic activity in glyphosate-resistant biotypes of *Digitaria insularis*. **Genetics and molecular research** 15:1-15.

Galon L, Tironi SP, Ferreira EA, Aspiazu I, Pinto JJO (2010) Avaliação do método químico de controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) sobre a produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 40:414-421

Galon, L., Da Silva, Mr, Da Silva, Af, Menegat, Ad, Pawelkiewicz, R., Brunetto, L., e Rossetto, Erdo (2020). Controle de plantas em milho “II” tolerante a glufosinato-amônio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** , 19, 17.

Gandini EMM, Costa ESP, dos Santos JB, Soares MA, Barroso GM, Corrêa JM, Carvalho AG, Zanuncio JC (2020). Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, 268, 122152.

Gemelli A, de Oliveira Junior RS, Constantin J, Braz GBP, de Campos Jumes TM, de Oliveira Neto AM, Dan HA, Biffe DF (2012). Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas** 11:231-240.

Grazziero DLP (2015). Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha** 33:83-92.

Green JM, Ulrich JF (1994). Response of maize (*Zea mays*) inbreds and hybrids to rimsulfuron. **Pesticide Science** 40: 187-191.

Heap, I. (2022) **The international herbicide-resistant weed database**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 04 jan. 2022.

Huang Z, Lu Z, Huang H, Li W, Cao Y, Wei S (2021) Target site mutations and cytochrome P450s-involved metabolism confer resistance to nicosulfuron in green foxtail (*Setaria viridis*). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 179:104956.

Ikeda, F. S. (2014). **Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato**. Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE).

Jakelaitis A, Silva AA, Ferreira LR, Silva AF, Pereira JL, Viana RG (2005) Efeitos de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha** 23:69-78.

José SCBR, Von Pinho ÉVDR, Von Pinho RG, Silveira CMD (2004) Padrões eletroforéticos da enzima alfa-amilase em sementes de milho submetidas a alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes** 26:77-83.

Kashiwaqui MM (2016) **Dinâmica de nematoides e eficiência do manejo químico de capim-amargoso nas culturas da soja e milho resistentes ao glyphosate**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, PR, 2016.

Kissmann KG (1997) Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: BASF Brazilian, 684p.

Krolkowski V (2015) **Comportamento morfo-fisiológico de *Commelina Benghalensis* em resposta a herbicidas aplicados em pós-emergência**. 415 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp, Ilha Solteira.

López-Ovejero,RF, Soares DJ, Oliveira NC, Kawaguchi IT, Berger GU, Carvalho SJPD, Christoffoleti PJ (2016) Interferência e controle de milho voluntário tolerante ao glifosato na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51:340-347.

Lorenzi, H. (2008). Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Plantarum. 640p.

Machado AFL, Meira RMS, Ferreira LR, Ferreira FA, Tuffi Santos LD, Fialho CMT, Machado MS (2008) Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha** 26: 1-8.

McCullough PE, de Barreda DG, Raymer, P (2012) Nicosulfuron use with foramsulfuron and sulfentrazone for late summer goosegrass (*Eleusine indica*) control in bermudagrass and seashore paspalum. **Weed Technology** 26:376-381.

Melo MSC (2011) **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. 74f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Miranda RA (2018) Uma história de sucesso da civilização. **A Granja** 74:24-27.

Môro, GV, Fritsche-Neto R (2015) Importância e usos do milho no Brasil. In.: Borém A, Galvão JCC, Pimentel MA (Eds.) **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 9-25.

Parente TL (2019) **Plantas de cobertura, inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação com nitrogênio no milho e com zinco na soja na região de cerrado**. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp, Ilha Solteira.

Paterniani EE, Campos MS (2005) Melhoramento de milho. In: Borém A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora da UFV, p. 491-552.

Pereira MRR, Martins D, Silva JICD, Rodrigues-Costa ACP, Klar AE (2010) Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha** 28:1047-1058.

Perotti VE, Larran AS, Palmieri VE, Martinatto AK, Permingeat HR (2020) Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies. **Plant Science** 290:110255.

Radwan DEM (2012) Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (*Zea mays* L.) leaves. **Pesticide biochemistry and physiology** 102:182-188.

Rezende AL, Galon L, Berenchein B, Forte CT, Rossetto ERO, Brunetto L, Favretto, EL (2020) Associação de herbicidas para o manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de Herbicidas** 19:742-1.

Salomão PEA, Ferro AMS, Ruas WF (2020) Herbicidas no Brasil: um breve revisão. **Research, Society and Development** 9:e32921990-e32921990.

Sarmah AK, Sabadie J (2002) Hydrolysis of sulfonylurea herbicides in soils and aqueous solutions: a review. **Journal of agricultural and food chemistry** 50:6253-6265.

Sweetser, PB, Schow, GS, & Hutchison, JM (1982). Metabolismo do clorsulfuron pelas plantas: base biológica para a seletividade de um novo herbicida para cereais. **Bioquímica e fisiologia de pesticidas** , 17 (1), 18-23.

Silva, J. F.; Ferreira, L.R.; Ferreira, F.A. (2007) Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Eds.). Tópicos em manejo de plantas daninhas. p. 118-154.

Smith CW, Betrán J, Runge EC (Eds.) (2004) **Corn: origin, history, technology, and production**. New Jersey: John Wiley & Sons,968p.

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2017) **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora 705p.

Takano HK, Mendes RR, Scoz LB, Ovejero RFL, Constantin J, Gaines TA, Westra P, Dayan FE, Oliveira, R. S. (2019). Proline-106 EPSPS mutation imparting glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*) emerges in **South America**. **Weed Science** 67: 48-56.

Tursun N, Datta A, Sakinmaz MS, Kantarci Z, Knezevic SZ, Chauhan BS (2016) The critical period for weed control in three corn (*Zea mays* L.) types. **Crop Protection** 90:59-65.

Vale RL, Netto AM, de Lima Xavier BT, Barreto MDLP, da Silva JPS (2019) Assessment of the gray water footprint of the pesticide mixture in a soil cultivated with sugarcane in the northern area of the State of Pernambuco, Brazil. **Journal of Cleaner Production** 234: 925-932.

Vargas L, Roman ES (2006) **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E).

Yu Q, Ahmad-Hamdani MS, Han H, Christoffers MJ, Powles SB (2013) Herbicide resistance-endowing ACCase gene mutations in hexaploid wild oat (*Avena fatua*): insights into resistance evolution in a hexaploid species. **Heredity** 110:220-231.

Zandvakili OR, Hashemi M, Chaichi MR, Barker AV, Afshar RK, Mashhadi HR, Sabet M (2020) Role of cover crops and nicosulfuron dosage on weed control and productivity in corn crop. **Weed Science** 68:664-672.

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS CALDAS DE NICOSSULFUROM COM ADIÇÃO DE GRAMINICIDAS

RESUMO – A mistura em tanque é importante alternativa para o controle de plantas daninhas, em especial espécies resistentes ou de difícil controle. No entanto, a mistura de produtos no tanque de pulverização pode ocasionar problemas de incompatibilidade, resultando na formação de sedimentos, precipitados, grumos, além de alterações no pH e na condutividade elétrica que afetam a eficácia do produto. O objetivo deste trabalho foi avaliar as interações físico-químicas e compatibilidade das misturas dos herbicidas nicossulfurom + cletodim e nicossulfurom + haloxifope e seus efeitos na tensão superficial e espalhamento de gotas na superfície artificial de parafilme. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7 x 4 (tratamentos x tempos de avaliação) com 3 repetições para a análise de pH e condutividade elétrica e fatorial de 7 x 5 (tratamentos x tempos de análise), com 3 repetições para as análises de tensão superficial e ângulo de contato. No teste de estabilidade, ocorreu formação de sedimento em todas as caldas que foi redisperso após agitação. O pH de quase todas as caldas reduziu com o passar do tempo e a condutividade elétrica não variou entre os tratamentos. A tensão superficial foi menor conforme o aumento da dose de graminicida na calda. Não foi observado indícios de incompatibilidade, porém a formação de sedimento notada em todas as caldas indica que todas merecem atenção especial no que diz respeito à agitação no tanque de pulverização. A redução na tensão superficial conforme o aumento da dose dos graminicidas na calda, resulta em um menor ângulo de contato e um maior espalhamento da gota na superfície, podendo assim interferir na cobertura do alvo.

Palavras – chave: Compatibilidade, estabilidade, interações antagônicas, mistura em tanque, sinergismo

ABSTRACT – Tank mixing is an important alternative for weed control, especially resistant or difficult to control species. However, mixing products in the spray tank can cause incompatibility problems, resulting in the formation of sediment, precipitates, lumps, as well as changes in pH and electrical conductivity that affect the effectiveness of the product. The objective of this work was to evaluate the physicochemical interactions and compatibility of mixtures of nicosulfuron + cletodim and nicosulfuron + haloxyfop herbicides and their effects on surface tension and droplet scattering on the artificial surface of parafilm. The experimental design used was completely randomized, in a 7 x 4 factorial scheme (treatments x evaluation times) with 3 repetitions for the analysis of pH and electrical conductivity and a 7 x 5 factorial (treatments x analysis times), with 3 repetitions for surface tension and contact angle analyses. In the stability test, sediment formation occurred in all sprays, which was redispersed after stirring. The pH of almost all spray solutions decreased over time and the electrical conductivity did not vary between treatments. The surface tension was lower as the graminicide dose was increased in the spray. No evidence of incompatibility was observed, but the formation of sediment noted in all the sprays indicates that all of them deserve special attention with regard to agitation in the spray tank. The reduction in surface tension as the dose of graminicides in the spray increases, results in a smaller contact angle and greater scattering of the droplet on the surface, thus interfering with the coverage of the target.

Keywords: Compatibility, stability, antagonistic interactions, tank mixing, synergism

2.1 INTRODUÇÃO

O controle das plantas daninhas é uma prática de manejo essencial para a produção de milho, que deve ser realizada a fim de garantir bom rendimento de grãos. Dentre os métodos de controle de plantas daninhas, o método químico é a principal ferramenta de manejo utilizada devido a sua eficiência, rapidez e menor custo quando comparado a outros métodos de manejo (Maciel, 2014; Melo et al., 2019).

O aumento das áreas com cultivos transgênicos resultou no uso excessivo de poucas moléculas herbicidas, elevando a pressão de seleção de plantas daninhas resistentes em todo o mundo, tanto como resistência cruzada quanto múltiplas (Heap, 2020; Perotti et al., 2020).

Uma alternativa para o controle de plantas resistentes é o uso de misturas em tanque. A mistura pode ser definida como a associação de produtos no tanque do equipamento aplicador, antes da pulverização (Basso et al., 2018; Heck et al., 2020). Trata-se de uma prática comum efetuada pelos produtores de várias regiões brasileiras, ocorrendo em cerca 97% das pulverizações (Grazziero, 2015).

As misturas de herbicidas podem apresentar vantagens em relação à aplicação dos produtos em isolado, pois na pulverização conjunta de diferentes mecanismos, a ação herbicida ocorrerá concomitantemente em diferentes sítios de ação na planta (Perotti et al., 2020). No entanto, podem ocorrer problemas de incompatibilidades física e química, formação de grânulos ou pastas, decantação e incrustações nas paredes, filtros, mangueiras e pontas do pulverizador, prejudicando o funcionamento do equipamento (Grazziero, 2015). Além disso, variações no pH podem interferir no resultado biológico dos produtos e reduzir a eficácia da aplicação.

Em meados de 2002 as misturas em tanque apenas poderiam ser realizadas após o registro, conforme exigência do Ministério da Agricultura. Mais tarde, a responsabilidade passou a ser do agricultor e atualmente é atribuído ao engenheiro agrônomo e florestal e ao técnico agrícola através de receituário, que deve realizar recomendações de mistura em tanque com base técnica, referências bibliográficas e científicas disponíveis no mercado e na academia (Spadoni, 2019).

As interações físicas, de maneira geral, estão associadas aos ingredientes inertes contidos nos agrotóxicos (formulações, solventes, dentre outros), enquanto a

interação química está ligada com à molécula do agrotóxico. Ainda assim, deve-se destacar que para que aconteça a interação dos agrotóxicos, primeiramente, se dá de maneira física, que são em sua maioria governadas pelas características físico-químicas dos produtos, levando-os, por conseguinte às interações químicas (Petter et.al., 2013).

Portanto, estudos relacionados à administração de agrotóxicos em conjunto são de suma importância, considerando-se que estes raramente são aplicados individualmente nas lavouras (Mattos et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as interações físico-químicas e compatibilidade das misturas de nicossulfurom com subdoses de cletodim e haloxifope-p-metilico (haloxifope) usando óleo vegetal como adjuvante e seus efeitos na tensão superficial e espalhamento de gotas na superfície artificial de parafilme.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Tratamentos

Os tratamentos constituíram da análise das caldas de nicossulfurom somente com a adição de óleo vegetal e nicossulfurom com adição de subdoses dos graminicidas cletodim ou haloxifope + óleo vegetal (Tabela 1).

Os experimentos de estabilidade de calda, pH e condutividade elétrica foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7 x 4 (tratamentos x tempos de avaliação) com 3 repetições. Para avaliações de tensão superficial e ângulo de contato foi utilizado um esquema fatorial de 7 x 5 (tratamentos x tempos de análise), com 3 repetição.

Os horários de observação foram em 0, 2, 6 e 24 horas após o preparo (HAP). Os valores das tensões superficiais (gota pendente) e os ângulos de contato foram obtidos na superfície de parafilme aos 5, 10, 20, 40 e 60 s após a formação / deposição das gotas.

2.2.1 Estabilidade de calda, pH e condutividade elétrica

A avaliação de estabilidade e compatibilidade física entre as misturas foi baseada na metodologia na NBR 13875 (Agrotóxico – Avaliação de compatibilidade físico-química) (ABNT, 2014).

O preparo das caldas foi realizado com o reagente água-padrão com dureza total de 20 mg Kg⁻¹ em equivalente de CaCO₃ seguindo-se a NBR 13074 (ABNT, 1997). Em seguida adicionou-se os produtos conforme descrição na Tabela 1. Foi utilizada uma proveta graduada de 250 mL com tampa; peneira de tecido metálico com abertura nominal de 149 µm conforme a NBR NM-Isso 3310⁻¹ (ABNT, 2010). Posteriormente, a proveta foi tampada e invertida por 10 vezes para uma boa homogeneização.

Tabela 1. Tratamentos aplicados nos estudos de estabilidade de calda, pH, condutividade elétrica, tensão superficial dinâmica e ângulo de contato

	Tratamentos		Dose (g ou mL ha ⁻¹)
	Sigla do tratamento	Nome comum	
1	Nico ₈₀	nicossulfurom ¹ + óleo vegetal ⁴	80 + 2
2	Nico ₈₀ +Cle _{0,45}	nicossulfurom ¹ + cletodim ² + óleo vegetal ⁴	80 + 0,45 + 2
3	Nico ₈₀ +Cle _{0,90}	nicossulfurom ¹ + cletodim ² + óleo vegetal ⁴	80 + 0,90 + 2
4	Nico ₈₀ +Cle _{1,35}	nicossulfurom ¹ + cletodim ² + óleo vegetal ⁴	80 + 1,35 + 2
5	Nico ₈₀ +Halo _{0,25}	nicossulfurom ¹ + haloxifope-p-metílico ³ + óleo vegetal ⁴	80 + 0,25 L + 2
6	Nico ₈₀ +Halo _{0,5}	nicossulfurom ¹ + haloxifope-p-metílico ³ + óleo vegetal ⁴	80 + 0,50 + 2
7	Nico ₈₀ +Halo _{0,75}	nicossulfurom ¹ + haloxifope-p-metílico ³ + óleo vegetal ⁴	80 + 0,75 + 2

i.a. = ingrediente ativo; 1. nicossulfurom 120 (ACCENT[®], WG, 750 g i.a. Kg⁻¹, DuPont); 2. cletodim (POQUER[®], EC, 240 g i.a. L⁻¹, ADAMA); 3. haloxifope-p-metílico (VERDICT[®] R, EC, 120 g e.a. L⁻¹, DOW AGROSCIENCES); 4. óleo vegetal (VEGET'OIL[®] AD, EC, 750 g i.a. L⁻¹, OXIQUÍMICA) na proporção de 0,1% em todos os tratamentos herbicidas.

As avaliações das caldas foram realizadas nos seguintes intervalos: separação imediata após a mistura (0) e após 2, 6 e 24 h em período de repouso. Foram observados os possíveis efeitos das interações entre os produtos quanto a homogeneidade/heterogeneidade, sendo: floculação; sedimentação; separação de fases; suspensão de óleo; formação de grumos; formação de cristais; formação de creme e formação de espuma (ABNT, 2014).

Ao final de cada período, foi realizada a avaliação do pH e da condutividade elétrica das caldas. O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de peagâmetro de bancada (Q400AS), devidamente calibrado e aferido para a faixa de

caldas ácidas e básicas. A condutividade elétrica foi determinada com auxílio do condutivímetro MP11P da marca Marth®.

2.2.2 Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato

Para as avaliações da tensão superficial, as caldas foram preparadas com água da rede de abastecimento. As doses utilizadas corresponderam às mesmas aplicadas nos experimentos de eficácia e seletividade. As avaliações da tensão superficial e do ângulo de contato foram realizadas em tensiômetro automático OCA-15Plus da Dataphysics Germany. Neste equipamento, a tensão é determinada pelo método da gota pendente. A imagem da gota de líquido suspensa no final da agulha do equipamento é focada pela lente de uma câmera CCD e 60 imagens são capturadas em sequência durante um minuto. As imagens são analisadas instantaneamente por assimetria de eixos. A tensão superficial é então determinada a partir da equação de Young-Laplace: $\Delta P = 2\gamma / R$, onde ΔP é a variação de pressão entre superfícies, γ é a tensão superficial e R é o raio de curvatura da gota.

Para a avaliação do ângulo de contato, o mesmo equipamento foi utilizado, também a partir da análise de imagem. A fita parafilme foi utilizada como a superfície padrão, uma vez que é comumente usada e difundida no meio científico.

2.2.3 Análise de Dados

Os dados de tensão superficial, ângulo de contato, pH e condutividade foram submetidos à análise da variância pelo teste F e quando significativo efetuou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O programa estatístico utilizado foi o AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de estabilidade físico-química observou-se somente incompatibilidade física quanto à sedimentação, em todos os tratamentos, nas

observações de 0, 2, 6 e 24 HAP. Entretanto, após a agitação ocorreu redispersão do sedimento em todas as observações (Tabela 2).

Estes resultados apontam que as misturas testadas não apresentam incompatibilidades significativas, uma vez que o sedimento formado no fundo da proveta foi redisperso após agitação. No entanto, a agitação constante da calda mostra-se necessária, uma vez que a presença de sedimentos no fundo do tanque do pulverizador pode resultar em menor eficácia no controle devido a concentração desuniforme do produto na calda de aplicação (Petter et al., 2013).

Costa et al. (2020) relatam que o processo de sedimentação de partículas em líquidos em repouso é natural. O importante é que haja redispersão destas partículas quando houver agitação contínua da calda no tanque de pulverização.

Tabela 2. Características analisadas nas caldas: formação de flocos, grumos, separação de fase, suspensão em óleo, sedimento, cristais, creme e formação de espuma

Características Físicas									
Tempo de Avaliação	Floc ¹	Sed ²	Sep de fases ³	Susp em óleo ⁴	Grumo	Cristais	Creme	Espuma (mL)	Obs ⁵
0 Horas	X	Todos	X	X	X	X	X	X	Redispersa
2 Horas	X	Todos	X	X	X	X	X	X	Redispersa
6 Horas	X	Todos	X	X	X	X	X	X	Redispersa
24 Horas	X	Todos	X	X	X	X	X	X	Redispersa

¹= Floculação; ²= Sedimento; ³=Separação de fases; ⁴=Suspensão em óleo; ⁵=Observação.

Para o pH, a interação entre tratamentos e horários de observação foi significativa (Tabela 3). Em geral observou-se que o valor do pH reduziu ao longo do tempo, exceto no tratamento Nico₈₀, onde o menor valor foi na avaliação de 2 HAP.

Foram observados comportamentos similares logo após o preparo da calda no tratamento Nico₈₀ e nas caldas com adição do haloxifope, que apresentaram os valores de pH próximos à neutralidade (6,92 a 7,53), em relação as demais caldas, com variação de 5,34 a 6,16. Duas horas após, os valores de pH não apresentaram diferença estatística, variando entre 4,64 e 5,82 (Tabela 3).

Tabela 3. Potencial de hidrogênio iônico (pH) das caldas aos períodos de 0, 6,12 e 24 horas após o preparo das caldas.

Tratamentos	Horas após o preparo			
	0	2	6	24
Nico ₈₀	7,50 aA	4,75 aC	5,97 aB	5,85 aB
Nico ₈₀ +Cle _{0,45}	6,16 bcA	5,18 aAB	4,55 bB	4,72 abB
Nico ₈₀ +Cle _{0,90}	5,34 cA	5,14 aA	4,30 bA	5,15 abA
Nico ₈₀ +Cle _{1,35}	6,08 bcA	4,64 aB	4,43 bB	4,68 abB
Nico ₈₀ +Halo _{0,25}	6,92 abA	5,81 aB	5,03 abB	4,92 abB
Nico ₈₀ +Halo _{0,5}	7,24 abA	5,77 aB	5,45 abBC	4,59 bC
Nico ₈₀ +Halo _{0,75}	7,53 aA	5,82 aB	5,83 aB	4,68 abC
F _{tratamento} = 10,55**		DMS _{tratamento} = 0,61		
F _{tempo} = 56,25**		DMS _{tempo} = 0,40		
F _{tratamento x tempo} = 3,24**		C.V. (%) = 8,89		

**Significativo a $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

Em 6 HAP somente as caldas com adição de cletodim apresentaram menores valores de pH. Na observação de 24 HAP as caldas apresentaram valores de pH semelhantes e estáveis, apesar de alguns tratamentos diferenciarem-se (Tabela 3).

O pH pode influenciar na eficiência dos produtos, sendo considerado um fator importante relacionado a compatibilidade, pois afeta a dissociação dos ingredientes ativos e estabilidade física das soluções (ABNT, 2014). A redução do pH ao longo do tempo também foi observado por Silveira et al. (2020).

Para a variável condutividade elétrica, o teste apontou significância somente para os períodos de avaliação, sendo os maiores valores observados na avaliação de 6 HAP entre 39,64 e 43,72 e os menores valores na avaliação de 0 HAP entre 28,62 e 42,28 (Tabela 4). A partir dos resultados, é possível inferir que diferenças estatísticas nos testes de eficácia e seletividade não são decorrentes da condutividade elétrica das caldas.

Para a tensão superficial ocorreu diferença entre as caldas e entre os momentos de medição, com redução da tensão ao longo do tempo (Tabela 5).

Tabela 4. Condutividade elétrica das caldas avaliadas aos períodos de 0, 6,12 e 24 horas após o preparo das caldas.

Tratamentos	Horas Após o Preparo			
	0	2	6	24
Nico ₈₀	36,34 A	35,09 AB	40,27 B	36,19 B

Nico ₈₀ +Cle _{0,45}	42,28 A	34,80 AB	42,99 B	40,12 B
Nico ₈₀ +Cle _{0,90}	35,83 A	37,18 AB	43,72 B	39,40 B
Nico ₈₀ +Cle _{1,35}	28,62 A	39,14 AB	42,34 B	39,88 B
Nico ₈₀ +Halo _{0,25}	38,43 A	35,45 AB	39,64 B	36,47 B
Nico ₈₀ +Halo _{0,5}	39,75 A	39,19 AB	41,31 B	38,97
Nico ₈₀ +Halo _{0,75}	40,84 A	40,28 AB	41,81 B	39,29
$F_{\text{tratamento}} = 1,42^{\text{NS}}$		$DMS_{\text{tratamento}} = 51,13$		
$F_{\text{tempo}} = 5,44^{**}$		$DMS_{\text{tempo}} = 3,36$		
$F_{\text{tratamento} \times \text{tempo}} = 1,29^{\text{NS}}$		$C.V. (\%) = 10,60$		

**Significativo a $p \leq 0,01$; NS= Não significativo pelo teste F. CV: Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

Tabela 5. Caracterização da calda sobre a tensão superficial (mN m^{-1})

Tratamentos	Momento da medição (s)					
	1	5	10	20	40	60
Nico ₈₀	74,26 aA	69,00 aB	61,90 aC	55,89 aD	51,31 aE	49,16 aF
Nico ₈₀ +Cle _{0,45}	66,97 bA	55,60 bB	50,33 bC	46,15 bD	42,74 bE	41,32 bE
Nico ₈₀ +Cle _{0,90}	61,50 cA	50,13 dB	46,45 cC	43,18 cdD	40,64 bcE	39,56 bcE
Nico ₈₀ +Cle _{1,35}	56,00 eA	46,90 efB	43,87 dC	41,43 deD	39,53 cdDE	38,70 cE
Nico ₈₀ +Halo _{0,25}	66,61 bA	52,30 cB	48,41 bcC	44,24 bcD	41,23 bcE	39,72 bcE
Nico ₈₀ +Halo _{0,5}	61,62 cA	47,48 eB	43,53 dC	40,17 eD	37,57 deE	36,23 dE
Nico ₈₀ +Halo _{0,75}	58,46 dA	45,36 fB	42,01 dC	39,50 eD	37,34 eE	36,16 dE
$F_{\text{tratamento}} = 828,91^{**}$		$DMS_{\text{tratamento}} = 0,86$				
$F_{\text{tempo}} = 2138,22^{**}$		$DMS_{\text{tempo}} = 0,77$				
$F_{\text{tratamento} \times \text{tempo}} = 12,63^{**}$		$C.V. (\%) = 2,07$				

**Significativo a $p \leq 0,01$; CV: Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

O óleo vegetal adicionado à calda herbicida exerce influência na tensão superficial da gota e tende a ser mais eficiente que o óleo mineral na redução da tensão superficial (Mendonça et al., 2007). Além da ação exercida pelo óleo vegetal, a adição de cletodim e haloxofop ao nicossulfurom promoveu redução da tensão superficial, indicando relação direta entre aumento da dose do graminicida e a redução da tensão superficial. Esta característica indica o maior espalhamento da gota sob as superfícies e pode ser considerada positiva para o aumento na eficácia de controle.

Na Figura 1 é possível observar as diferenças nos valores de tensão superficial indicados na Tabela 5. O formato da gota de água é arredondado em comparação ao

formato das gotas das caldas (Figura 1A). Nota-se também que quanto maior a quantidade de graminicida na calda, mais elíptico é o formato da gota.

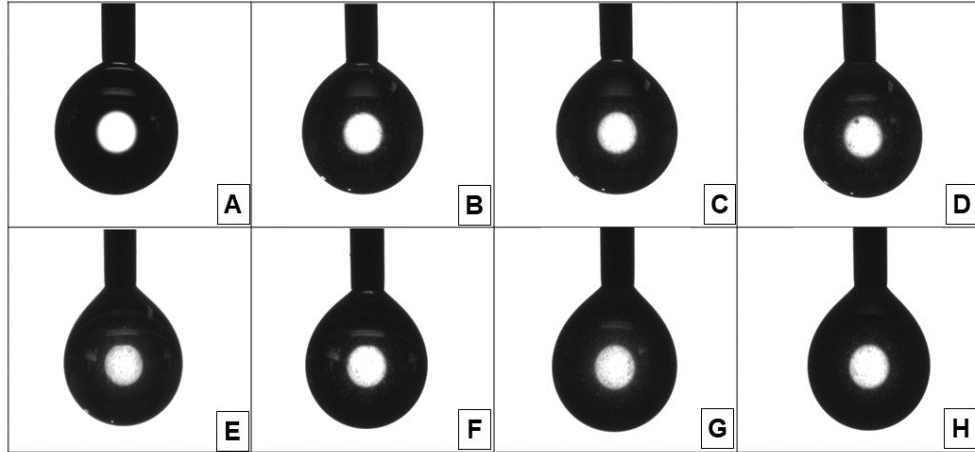


Figura 1. Captura da imagem da gota aos 10 segundos na análise de tensão superficial pelo método de gota pendente. (A) Água. (B) Nico₈₀. (C) Nico₈₀+Cle_{0,45}. (D) Nico₈₀+Cle_{0,90}. (E) Nico₈₀+Cle_{1,35}. (F) Nico₈₀+Halo_{0,25}. (G) Nico₈₀+Halo_{0,5}. (H) Nico₈₀+Halo_{0,75}.

Em relação ao ângulo de contato sobre a superfície de parafilme, observou-se os mesmos padrões verificados para a tensão superficial, com diferenças entre os momentos de medição e as caldas analisadas (Tabela 6). As caldas que resultaram nos menores valores para ângulo de contato na superfície parafilme corresponderam às maiores concentrações do graminicidas cletodim e haloxifope. O tratamento Nico₈₀ apresentou ângulo de contato maior em relação aos demais tratamentos, diferindo estatisticamente em todos os momentos de avaliação.

Na Figura 2 é possível observar o formato arredondado da gota de água (2A) semelhante à gota da calda de Nico₈₀ (2B). Como na Figura 1, nota-se também que o ângulo de contato é reduzido conforme o aumento da quantidade de graminicida na calda, deixando a gota mais achatada e espalhada sob a superfície.

Tabela 6. Caracterização da calda sobre a variável ângulo de contato

Tratamentos	Momento da medição (s)					
	1	5	10	20	40	60
Nico ₈₀	108,00 aA	106,35 aA	103,12 aB	98,99 aC	94,55 aD	91,17 aE
Nico ₈₀ +Cle _{0,45}	97,83 cA	95,31 cAB	92,79 bcB	89,12 bC	84,23 bD	81,27 bE
Nico ₈₀ +Cle _{0,90}	90,23 eA	86,45 dB	83,81 dB	79,91 dC	75,55 dD	72,06 cdE
Nico ₈₀ +Cle _{1,35}	93,68 dA	88,56 dB	84,06 dC	79,43 dD	74,10 dE	70,63 dF

Nico ₈₀ +Halo _{0,25}	103,45 bA	99,56 bB	95,12 bC	90,55 bD	84,35 bE	81,91 bF
Nico ₈₀ +Halo _{0,5}	101,66 bA	95,63 cB	90,94 cC	85,53 cD	78,55 cE	74,90 cF
Nico ₈₀ +Halo _{0,75}	90,00 eA	83,19 eB	79,45 eC	74,65 eD	68,77 eE	65,52 eF
$F_{\text{tratamento}} = 775,75^{**}$			$DMS_{\text{tratamento}} = 1,21$			
$F_{\text{tempo}} = 928,06^{**}$			$DMS_{\text{tempo}} = 1,08$			
$F_{\text{tratamento} \times \text{tempo}} = 4,83^{**}$			C.V. (%) = 1,60			

**Significativo a $p \leq 0,01$; CV: Coeficiente de variação; DMS - Diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

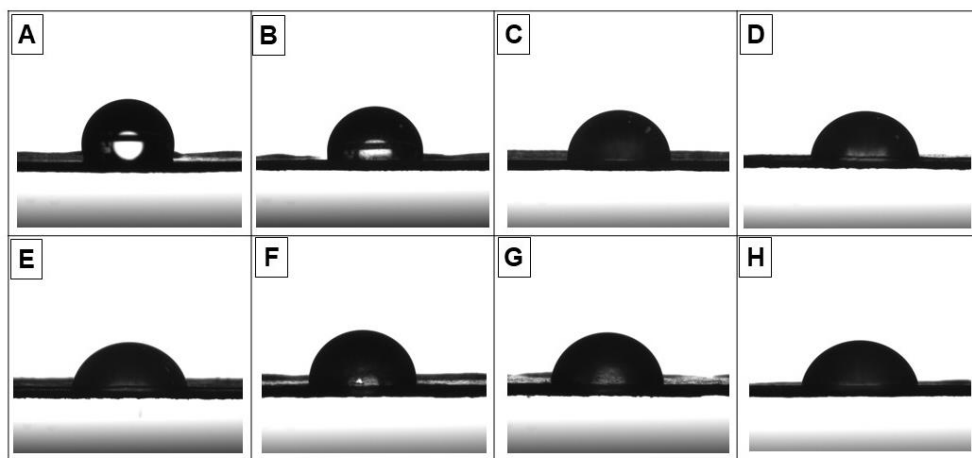


Figura 2. Captura da imagem da gota aos 10 segundos na análise de ângulo de contato em fita parafilm. (A) Água. (B) Nico₈₀. (C) Nico₈₀+Cle_{0,45}. (D) Nico₈₀+Cle_{0,90}. (E) Nico₈₀+Cle_{1,35}. (F) Nico₈₀+Halo_{0,25}. (G) Nico₈₀+Halo_{0,5}. (H) Nico₈₀+Halo_{0,75}.

Deste modo, é possível notar a influência direta da tensão superficial no ângulo de contato da gota, sendo que quanto menor a tensão superficial do líquido, menor o ângulo de contato da gota. Essa correlação positiva proporciona maior espalhamento e depósito do líquido sobre as superfícies, corroborando assim com a qualidade da aplicação (Junior et al., 2014).

2.4 CONCLUSÃO

Em nenhuma das caldas observou-se indícios de incompatibilidade, porém a formação de sedimento notada em todas as caldas indica que todas merecem atenção especial no que diz respeito à agitação no tanque de pulverização.

A tensão superficial foi menor conforme o aumento da dose dos graminicidas na calda, resultando em um menor ângulo de contato e um maior espalhamento da gota na superfície, podendo assim interferir na cobertura do alvo.

2.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). **NBR 13074**: Agrotóxicos – Preparação de água-padrão para ensaios. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2010). **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). **NBR 13875**: Agrotóxico - Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro.

Barbosa, J. C.; Maldonado Junior, W. (2015) **AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal, FCAV/UNESP. 396p.

Basso FJM, Galon L, Forte CT, Agazzi LR, Nonemacher F, Perin GF, Fiabani RC, Winter FL. Manejo de plantas daninhas em milho RR® com herbicidas aplicados isoladamente ou associados ao glyphosate. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 17: 148-157.

Costa LL, de Melo Santos TC, Almeida DP, da Costa Ferreira M, Leão-Araujo EF, Timossi PC (2020) Compatibilidade físico-química de diferentes doses e misturas de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas** 19:713-1.

Heap, I. (2022) **The international herbicide-resistant weed database**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 04 jan. 2022.

Heck T, Cinelli, R, Polito RA, Ribas JL, Bagnara F, Hahn AM, Nunes AL (2020) A importância dos herbicidas residuais no controle da tiririca. **Brazilian Journal of Development**, 6: 65147-65163.

Gazziero DLP (2015) Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha** 33: 83-92.

Junior SD, Ferreira MC, Lasmar O, Campos HBN (2014). Relationship among variables of sprays applied at reduced volumes in a coffee plantation. **Asp. Appl. Biol** 122:415-422.

Maciel CDG (2014) Métodos de Controle de Plantas Daninhas. In.:Monqueiro PA (Ed) Aspectos da Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. São Carlos: RiMa Editora, p 129-143.

Mattos M (2002) Avaliação de estratégias com agroquímicos no controle de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomate. **Pestic.: R. Ecotoxicol. Meio Amb** 12:131-144.

Melo TS, Makino, PA, Ceccon G (2019) Weed diversity in corn with different plant arrangement patterns grown alone and intercropped with palisade grass. **Planta daninha** 37.

Mendonça CGD, Raetano CG, Mendonça CGD (2007) Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola** 27:16-23.

Perotti VE, Larran AS, Palmieri VE, Martinatto AK, Permingeat HR (2020) Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies. **Plant Science** 290:110255.

Petter FA, Segate D, de Almeida FA, Neto FA, Pacheco LP (2013) Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae** 4:129-138.

Silveira RR, Santos MV, dos Santos JB, Ferreira EA, da Silva LD (2020) The effect of spray solution storage time on nicosulfuron efficacy applied in *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Research, Society and Development** 7: e778974713.

Spadoni ABD (2019) **Propriedades Físico-Químicas e Primórdios Da Perda de Estabilidade de Calda Inseticida em Misturas com Fungicidas e Adjuvantes.** 68

f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

CAPÍTULO 3 – MISTURA DE HERBICIDAS: CONTROLE DE GRAMÍNEAS E SELETIVIDADE PARA O MILHO

RESUMO – O milho (*Zea mays*) é uma das principais culturas de grãos cultivadas no mundo. Um dos fatores que interferem na produtividade da cultura é a presença de plantas daninhas. O objetivo deste estudo foi determinar a eficácia de controle de *Digitaria insularis* e *Eleusine indica* e a seletividade para o milho das misturas de nicossulfurom aplicando-se subdoses de graminicidas. Os tratamentos consistiram na aplicação de nicossulfurom (60 g i.a. ha⁻¹) isolado ou em mistura com três subdoses de cletodim (21,6; 43,2 e 64,8 g i.a. ha⁻¹) e haloxifope (6; 12 e 18 g e.a. ha⁻¹). Avaliou-se a seletividade para o milho e o controle das espécies de plantas daninhas. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

Para *D. insularis*, aplicações de Nico₆₀+Cle_{43,2} e Nico₆₀+Cle_{64,8} proporcionaram respectivamente os melhores controles e as aplicações de Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂ proporcionam os melhores controles de *E. indica*. Entretanto, o tratamento Nico₆₀+Halo₁₈ foi o que apresentou melhor controle de ambas as plantas. Apesar do bom desempenho no controle das daninhas, os tratamentos Nico₆₀+Cle_{64,8}, Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈ não foram seletivos para o híbrido de milho AG8088PRO2.

Palavras-chave: Gramicidas, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Zea mays*.

ABSTRACT – Corn (*Zea mays*) is one of the main grain crops in the world. One of the factors that interfere with crop productivity is the presence of weeds. The aim of this study was to determine the control effectiveness of *Digitaria insularis* and *Eleusine indica* and the selectivity for maize of mixtures of nicosulfuron with subdoses of graminicides. The treatments consisted of the application of nicosulfuron (60 g ai ha⁻¹) alone or in a mixture with three sub-doses of clethodim (21.6; 43.2 and 64.8 g ai ha⁻¹) and haloxyfop (6; 12 and 18 g ae ha⁻¹). The selectivity for maize and the control of weed species were evaluated. Data were analyzed by analysis of variance and means compared by Tukey's test. For *D. insularis*, applications of Nico₆₀+Cle_{43.2} and Nico₆₀+Cle_{64.8} provided the best controls, respectively, and applications of Nico₆₀+Halo₆ and Nico₆₀+Halo₁₂ provided the best controls for *E. indica*. However, the treatment Nico₆₀+Halo₁₈ showed the best control of both plants. Despite the good performance in weed control, the treatments Nico₆₀+Cle_{64.8}, Nico₆₀+Halo₁₂ and Nico₆₀+Halo₁₈ were not selective for the corn hybrid AG8088PRO2.

Keywords: clethodim, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, nicosulfuron, haloxyfop

3.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma das principais culturas cultivadas no e a segunda de maior importância no Brasil. As características de uma planta C4 favorecem o cultivo do cereal no país. Entretanto, o clima tropical também favorece a infestação de plantas daninhas, que interferem na produtividade da cultura (Carvalho et al., 2010; Fahad et al., 2014; Melo et al., 2019).

A presença de uma comunidade infestante em convivência com plantas de milho ocasiona competição por recursos como radiação solar, nutrientes, água, gás carbônico e oxigênio, reduzem a produtividade e a qualidade dos grãos (Galon et al., 2018a; Salomão et al., 2020). Estudos sobre os efeitos negativos da interferência de plantas daninhas no milho demonstram perdas no rendimento de grãos na ordem de 53%, podendo chegar até 72% (Galon et al., 2018b; Tursun et al., 2016).

Dentre os métodos de controle de plantas daninhas em milho destaca-se o químico como o principal devido a eficiência, rapidez e menor custo ao se comparar com os demais. Para ajudar no manejo de plantas daninhas ocorreu o surgimento de culturas transgênicas resistentes ao glifosato o que possibilitou melhora na seletividade a cultura do milho RR e na eficácia de controle das daninhas (Perotti et al., 2020).

A expansão dos cultivos transgênicos e o uso excessivo de poucas moléculas herbicidas, como o glifosato, desempenharam elevada pressão de seleção, estimulando a seleção de plantas resistentes, incluindo as com resistência a dois ou mais mecanismos de ação (Huang et al., 2021; Perotti et al., 2020). Dentre as principais plantas daninhas que apresetam casos de resistência a herbicida destacam-se o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde) e o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) (Oliveira et al., 2021).

Uma das alternativas para controlar e evitar a disseminação de plantas daninhas resistentes é o uso de misturas de herbicidas de diferentes mecanismos de ação. O nicossulfurom é um herbicida amplamente utilizado no controle de monocotiledôneas e eudicotiledôneas em milho por apresentar seletividade à cultura em função de dose e híbridos em que é usado. Normalmente é aplicado em mistura com atrazine, mesotrione e tembotrione (Galon et al., 2018a; Giraldeli et al., 2019) visando elevar o espectro de controle.

Estas misturas apresentam seletividade à cultura do milho, diferentemente dos herbicidas inibidores da ACCase, que afetam gramíneas em geral. Contudo, subdoses de graminicidas como o cletodim e haloxifope-p-metílico em adição ao nicossulfurom conferem possibilidade de melhora na eficácia de controle de gramíneas.

Assim sendo o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de controle de *D. insularis* e *E. indica* e a seletividade para o híbrido de milho AG8088PRO2 das misturas de nicossulfurom com subdoses de cletodim e haloxifope-p-metílico.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal, SP (FCAV/UNESP), localizada a latitude sul 21°14'23" e longitude oeste 48°17'21". Os ensaios de milho foram realizados nos períodos de novembro de 2020 a fevereiro de 2021 (safra) e março a julho de 2021 (safrinha). O teste de eficácia foi realizado de abril a julho de 2021. Os dados climatológicos dos períodos experimentais são apresentados na Figura 1.

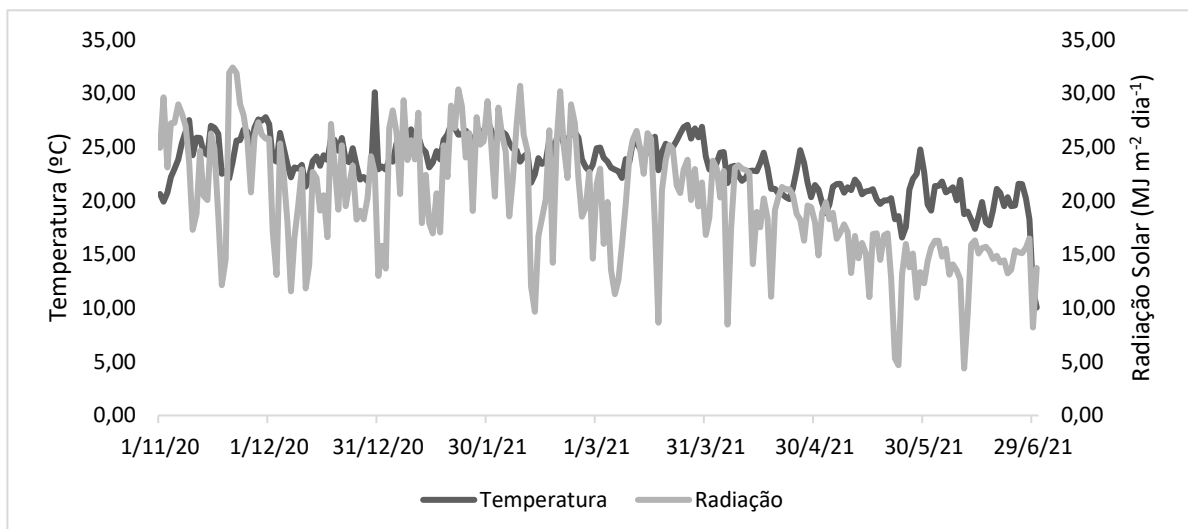


Figura 1. Temperatura média do ar e radiação solar Radiação MJ m⁻² dia⁻¹ (Estação Meteorológica Automática - FCAV/UNESP, 2021).

3.2.1 Controle de plantas daninhas

As sementes de capim-amargoso (*D. insularis*) e capim-pé-de-galinha (*E. indica*) foram coletadas na área experimental do campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal, SP (FCAV/UNESP). Foram semeadas três sementes por célula em bandejas com substrato (BIOPLANT®). Plantas de ambas as espécies, no estágio de desenvolvimento de três folhas totalmente desenvolvidas foram transplantadas em vasos com capacidade para 3 dm⁻³ alocados em palets contendo substrato composto por areia grossa, substrato orgânico e Latossolo Vermelho (1:1:1; vv⁻¹). O solo possui as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) igual a 6,2; 11,0 g de MO; 16,0 mg dm⁻³ de P (resina); 12,0 mg dm⁻³ de S, 18,0; 8,0; 1,9; 14,0; 27,3 e 41,0 mmolc dm⁻³ de Ca, Mg, K, H+Al, SB e CTC, respectivamente, e V de 81%.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições. Após 15 dias, com o estabelecimento das plantas nos vasos, foram aplicados os tratamentos descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos aplicados no estudo de eficácia de controle de plantas daninhas.

	Sigla do tratamento	Tratamentos	Dose g i.a. ou e.a ha ⁻¹
1	Cont	Controle	-
2	Nico ₆₀	Nicossulfurom ¹ + óleo vegetal ⁴	60
3	Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	Nicossulfurom ¹ + cletodim ² + óleo vegetal ⁴	60 + 21,6
4	Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	Nicossulfurom ¹ + cletodim ² + óleo vegetal ⁴	60 + 43,2
5	Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	Nicossulfurom ¹ + cletodim ² + óleo vegetal ⁴	60 + 64,8
6	Nico ₆₀ +Halo ₆	Nicossulfurom ¹ haloxifope-p-metílico ³ + óleo vegetal ⁴	60 + 6
7	Nico ₆₀ +Halo ₁₂	Nicossulfurom ¹ + haloxifope-p-metílico ³ + óleo vegetal ⁴	60 + 12
8	Nico ₆₀ +Halo ₁₈	Nicossulfurom ¹ + haloxifope-p-metílico ³ + óleo vegetal ⁴	60 + 18

i.a. = ingrediente ativo; 1. nicossulfurom 120 (ACCENT®, WG, 750 g i.a. Kg⁻¹, DuPont); 2. cletodim (POQUER®, EC, 240 g i.a. L⁻¹, ADAMA); 3. haloxifope-p-metílico (VERDICT® R, EC, 120 g e.a. L⁻¹, DOW AGROSCIENCES); 4. óleo vegetal (VEGET'OIL® AD, EC, 750 g i.a. L⁻¹, OXIQUÍMICA) na proporção de 0,1% em todos os tratamentos herbicidas.

Para a aplicação dos herbicidas foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com barra de pulverização munida de duas pontas modelo Teejet® XR 11002 VK, espaçadas 0,5 m entre si, sendo calibrado a pressão constante

de 200 KPa, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, a uma velocidade de 1,0 m s⁻¹. Os dados meteorológicos no momento da aplicação foram respectivamente: velocidade do vento de 1,6 m s⁻¹, umidade relativa do ar de 68% e temperatura do ar de 25°C.

Foram realizadas avaliações de controle de forma visual em relação à testemunha (sem aplicação de herbicida), seguindo-se a escala de notas da Sociedade Brasileira de Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). A nota 0 significa ausência total de sintomas e 100 morte das plantas, aos 3, 7, 14, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA). A resposta das plantas daninhas aos tratamentos herbicidas foi avaliada individualmente para cada espécie.

Aos 60 DAA as plantas foram seccionadas rente ao solo e postas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C por 72 horas. O material seco foi pesado em balança semianalítica (0,01 g), para determinação da massa seca da parte aérea das plantas. Os dados foram analisados com base na análise de variância (ANOVA) a $p \leq 0,05$ e as médias comparadas pelo teste de Tukey, no software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015) considerando uma probabilidade de erro de $p \leq 0,05$.

3.2.2 Seletividade para milho

Cada unidade experimental foi caracterizada por um vaso com capacidade de 8,6 dm⁻³, preenchido com solo classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa. Amostras deste solo foram coletadas e enviadas para análise em laboratório. As características químicas foram: pH (CaCl₂) igual a 6,2; 11,0 g de MO; 16,0 mg dm⁻³ de P (resina); 12,0 mg dm⁻³ de S, 18,0; 8,0; 1,9; 14,0; 27,3 e 41,0 mmolc dm⁻³ de Ca, Mg, K, H+Al, SB e CTC, respectivamente, e V de 81%. Com base na análise química foi realizada a adubação do solo, utilizando-se de cinco g de ureia, 10 g de superfosfato triplo e cinco g de cloreto de potássio por vaso. Uma adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após a semeadura, utilizando-se 13 g de uréia e três g de cloreto de potássio por vaso.

A semeadura do milho (*Zea mays*) foi realizada na densidade de três sementes por vaso. Após a emergência, antes do desenvolvimento completo da primeira folha,

realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por vaso. O híbrido utilizado no estudo foi o AG8088PRO2 (Agrocere[®]).

Ao longo do desenvolvimento do milho foram aplicados tratamentos fitossanitários quinzenais com o inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina (Syngenta, Engeo Pleno[™] S, Brasil), na dose de 0,2 mL ha⁻¹ e o fungicida piraclostrobina (BASF, Comet[®], Brasil), na dose de 0,6 L ha⁻¹. Além disso, foi realizado diariamente o fornecimento de água em quantidade suficiente para manter a umidade do substrato.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. No estádio V4, as plantas foram submetidas aos tratamentos herbicidas listados na Tabela 1. As subdoses dos graminicidas foram definidas após um experimento preliminar.

Os herbicidas foram aplicados de acordo com o ensaio de controle de plantas daninhas. Os dados meteorológicos no momento da aplicação na safra foram respectivamente: velocidade do vento de 0,8 m s⁻¹, umidade de 55% e temperatura de 27,3°C e na safrinha foram respectivamente: velocidade do vento de 1,6 m s⁻¹, umidade de 68% e temperatura de 25°C.

A avaliação da intoxicação das plantas de milho foi realizada aos 3, 7, 14, 21, 28, 35 e 60 dias após a aplicação (DAA). O nível de intoxicação foi determinado por meio de notas de controle, atribuídas segundo a escala proposta pela Organização Europeia e Mediterrânea de Proteção de Plantas (2014) em que 0 (zero) corresponde a ausência de injúrias e 100 (cem) à morte das plantas.

O desenvolvimento biométrico do milho foi utilizado como parâmetro de avaliação, sendo determinado: a altura da planta (do solo até a inserção da folha bandeira), a altura de inserção da espiga (da superfície do solo até a inserção da espiga), o diâmetro do colmo (mensurado com paquímetro digital a cinco centímetros do solo), o tamanho de espiga (régua graduada), diâmetro da espiga (paquímetro) o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira, o peso de grãos por espiga ajustado para 13% de umidade.

Ao final do ciclo da cultura as plantas foram seccionadas rente ao solo e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 oC até atingir peso constante. O material seco foi pesado em balança semianalítica (0,01 g de precisão), para determinação da massa seca da parte aérea das plantas de milho.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando significativos submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey, considerando uma probabilidade de erro de $p \leq 0,05$, através do software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Controle de plantas daninhas

Aos 3 e 7 DAA as plantas submetidas aos tratamentos herbicidas não apresentaram sinais de intoxicação, possivelmente devido ao tempo necessário para metabolização dos herbicidas. Aos 14 DAA somente os tratamentos Nico₆₀+Cle_{64,8}, Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈ proporcionaram melhor controle inicial de *D. insularis*. (Tabela 2).

A aplicação de Nico₆₀ atingiu 80% de controle do amargoso aos 45 DAA, se igualando estatisticamente às aplicações de Nico₆₀+Cle_{64,8}, Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈. Os demais tratamentos proporcionaram controles inferiores a 60% (Tabela 2). Aos 60 DAA o tratamento Nico₆₀ e as misturas Nico₆₀+Cle_{21,6}, Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂ apresentaram controles que variaram entre 83 e 90%. No entanto, os tratamentos Nico₆₀+Cle_{43,2}, Nico₆₀+Cle_{64,8} e Nico₆₀+Halo₁₈ garantiram os maiores níveis de controle de *D. insularis*, sendo iguais ou superiores a 92% (Tabela 2).

Os tratamentos herbicidas não proporcionaram diferenças estatísticas para os resultados de massa seca das plantas. As porcentagens de redução da massa seca em relação à controle variaram de 86,57 a 97,30%, indicando que, estes tratamentos suprimiram o desenvolvimento das plantas daninhas (Figura 2).

Tabela 2. Controle (%) aos 60 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos em plantas de *D. insularis* (capim-amargoso).

Tratamentos	Dias após a aplicação (DAA)				
	14	21	30	45	60
Cont	0,0 c	0,0 d	0,0 c	0,0 d	0,0 d
Nico ₆₀	0,0c	10,0 c	36,0 ab	80,0 a	83,0 c
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	0,0 c	10,0 c	30,0 ab	42,0 c	89,0 bc

Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	5,0 bc	12,0 bc	35,0 ab	50,0 bc	92,0 abc
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	10,0 ab	19,0 ab	25,0 b	72,0 a	97,0 ab
Nico ₆₀ +Halo ₆	5,0 bc	18,0 ab	30,0 ab	60,0 b	85,0 c
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	8,0 ab	22,0 a	26,0 b	75,0 a	90,0 bc
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	13,0 a	25,0 a	40,0 a	79,0 a	100,0 a
F	18,82**	25,42**	18,81**	132,30**	257,87**
C.V. (%)	49,99	24,69	22,88	9,16	5,71
DMS	5,25	7,33	13,01	10,74	9,30

**Significativo a $p \leq 0,01$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DAA = dias após a aplicação. MS = massa seca; RMS = Redução da massa seca; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$; (-) indica não calculado para este item.

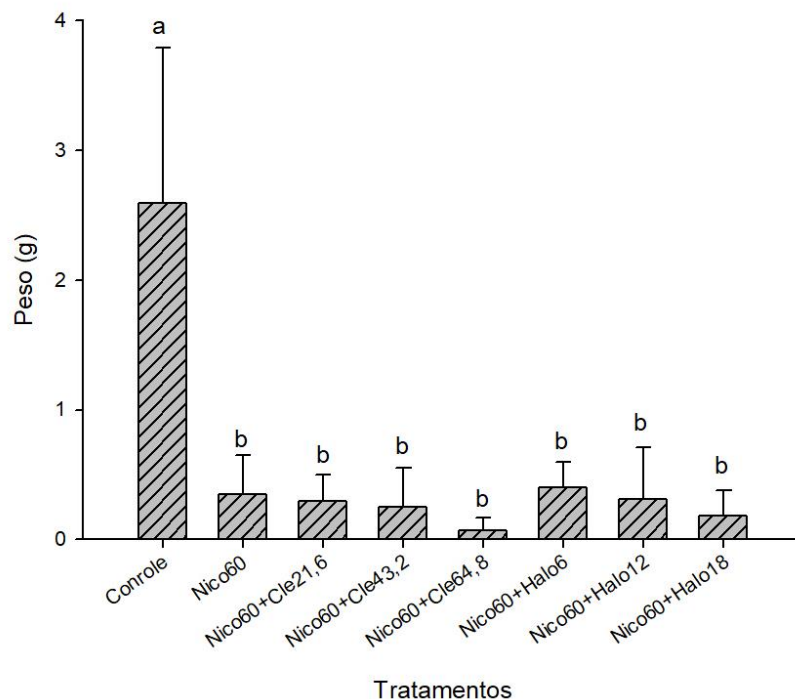


Figura 2. Massa seca (g) das plantas de *D. insularis* aos 60 DAA

Resultado semelhante foi encontrado por Timossi (2009) ao avaliar a eficácia de controle de rebrotes de *D. insularis* em condições de campo com o uso de

nicossulfurom (60 g ha⁻¹), obtendo 81,3% de controle. No entanto, este mesmo estudo aponta menor porcentagem de controle pela mistura nicossulfurom + atrazine (40 + 1500 g ha⁻¹), no qual ocorreu controle de apenas 42,5% das rebrotas. Este resultado difere dos resultados atingidos pelas misturas de nicossulfurom + cletodim e nicossulfurom + haloxifope, onde o controle de *D. insularis* que foi superior ao do herbicida isolado.

Correia et al. (2015) notaram que em onze das doze populações de plantas tratadas com associações de glifosato + quizalofop (1,44 e 2,16 + 0,12 kg i.a. ha⁻¹) apresentaram menor massa seca em relação às plantas tratadas com glifosato em isolado. Desse modo percebe-se a importância do uso de graminicidas como alternativa para o controle de populações de *D. insularis* resistentes ao glifosato.

Tabela 3. Controle (%), massa seca (g) e redução da massa seca (%) aos 60 DAA dos tratamentos herbicidas em plantas de *E. indica*. (capim-pé-de-galinha).

	Dias após a aplicação (DAA)				
	14	21	30	45	60
Cont	0,0 d	0,0 e	0,0 e	0,0 d	0,0 e
Nico ₆₀	15,0 ab	30,0 bc	30,0 d	50,0 c	60,0 d,
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	10,0 bc	30,0 bc	28,0 d	55,0 c	68,0 cd
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	10,0 bc	25,0 cd	35,0 cd	55,0 c	73,0 c
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	6,0 cd	35,0 b	50,0 ab	70,0 b	85,0 b
Nico ₆₀ +Halo ₆	15,0 ab	20,0 d	30,0 d	75,0 b	90,0 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	15,0 ab	30,0 bc	45,0 bc	80,0 b	95,0 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	20,0 a	45,0 a	60,0 a	90,0 a	98,0 a
F	13,01**	38,64**	54,82**	136,43**	191,48**
C.V. (%)	34,00	17,50	15,66	8,93	7,20
DMS	7,94	9,64	11,15	10,86	10,50

**Significativo a $p \leq 0,01$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). DAA = dias após a aplicação. MS = massa seca; RMS = Redução da massa seca; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$; (-) indica não calculado para este item.

As plantas de *E. indica* submetidas aos tratamentos herbicidas também não apresentaram sinais de controle aos 3 e 7 DAA. Aos 14 DAA o Nico₆₀ proporcionou 15% de controle das plantas daninhas, resultado estatisticamente semelhante aos tratamentos Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂, com níveis variando de 15 a 20% de controle, enquanto os tratamentos de nicossulfurom + cletodim proporcionaram controles iguais ou inferiores a 10% (Tabela 3).

Aos 21 DAA foi observado controle de 45% na aplicação de Nico₆₀+Halo₁₈, sendo que os demais tratamentos apresentaram porcentagens de controle iguais ou inferiores a 35%. Em 45 DAA as aplicações de Nico₆₀, Nico₆₀+Cle_{21,6} e Nico₆₀+Cle_{43,2} resultaram no controle de 50 a 55% das plantas de *E.indica*, enquanto que os tratamentos Nico₆₀+Cle_{64,8}, Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂ resultaram em controles de 70 a 80% e a melhor porcentagem (90%) foi observada na aplicação de Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 3).

Aos 60 DAA o tratamento Nico₆₀ teve a menor eficácia no controle de *E. indica*, se assemelhando estatisticamente à aplicação de Nico₆₀+Cle_{21,6}. Apesar de ser estatisticamente similar aos tratamentos Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂, que proporcionaram controles de 90 e 95%, o melhor controle de *E.indica* em 60 DAA foi observado na aplicação de Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 3).

De Carvalho et al. (2021) demonstraram que a aplicação do herbicida haloxifope isolado na dose de 15 g ha⁻¹ controlou 45,6% em 14 DAA e 69% aos 28 DAA, além de uma redução de 78,24% na massa fresca em relação à controle não tratado. Este estudo corrobora com os dados obtidos, pois aponta maior sensibilidade de *E. indica* ao gramínicida haloxifope e elucida a maior porcentagem de controle das misturas de nicossulfurom + haloxifope em comparação às misturas de nicossulfurom + cletodim e a aplicação de nicossulfurom isolado.

Herbicidas inibidores de ALS proporcionam controle mais lento de plantas daninhas, sendo uma característica desses produtos (Basso et al., 2018). A associação de atrazina e mesotrione ao nicossulfurom elevou a eficácia de controle em pé de galinha do nicossulfurom isolado desde 7 DAA (Giraldeli et al., 2019). Tão importante quanto a eficácia de controle é o estágio de desenvolvimento da planta, pois o controle de gramíneas é mais eficiente até a emissão do primeiro perfilho (Barroso et al., 2010).

Quanto aos resultados de massa seca, não houve diferença estatística entre os tratamentos herbicidas. A maior porcentagem de redução da massa seca foi observada no tratamento Nico₆₀+Cle_{64,8}. (Figura 3).

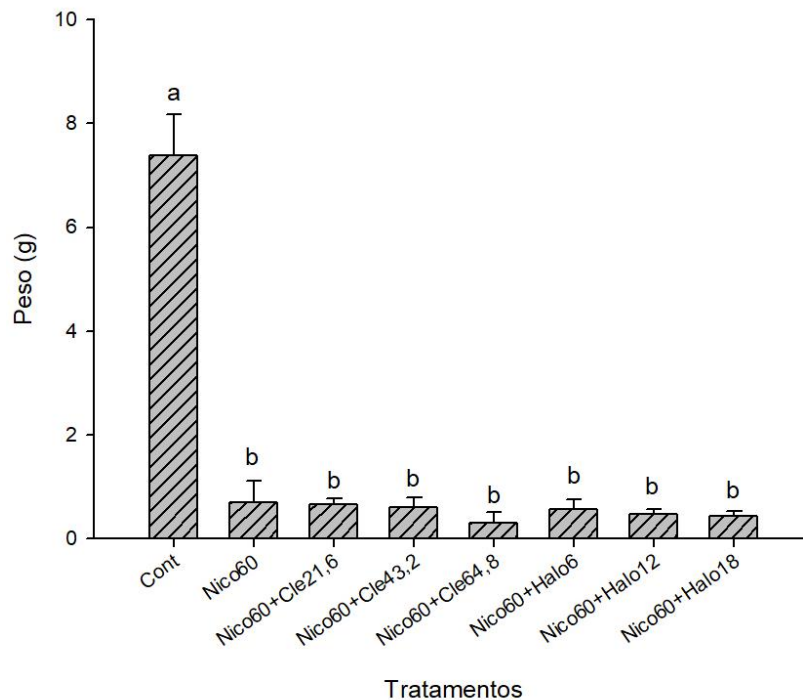


Figura 3. Massa seca (g) das plantas de *E.indica* aos 60 DAA

3.3.2 Seletividade ao milho

O tratamento Nico₆₀, no período da safra, ocasionou nas plantas de milho leve clorose aos 3 DAA (4%) que foi amenizada dos 7 e aos 21 DAA (2%). No segundo experimento foram observadas cloroses mais intensas, atingindo 18% aos 7 DAA e reduzindo ao longo do tempo (Tabela 2). Essa diferença pode ter ocorrido devido à menor quantidade de dias nublados no período de março a junho de 2021, uma vez que a atividade fotossintética mais intensa aumenta a translocação do herbicida na planta (Spader e Vidal, 2001).

As aplicações de Nico₆₀+Cle_{21,6} e Nico₆₀+Cle_{43,2} ocasionaram cloroses leves. Na maior subdose (Nico₆₀+Cle_{64,8}) foram observadas necroses que atingiram 47% de injúrias na safra e 33% de injúrias na safrinha aos 21 DAA (Tabela 4). A aplicação de Nico₆₀+Halo₆ ocasionou leve clorose, enquanto que Nico₆₀+Halo₁₂ causou moderada clorose. No entanto, o tratamento Nico₆₀+Halo₁₈ acarretou intensas necroses e deformação das plantas (Tabela 4).

No experimento da safra, a menor massa seca foi observada na aplicação da maiores subdoses de cletodim (Nico₆₀+Cle_{64,8}). No experimento da safrinha, a maior redução de massa foi obtida com a aplicação de Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 4).

Tabela 4. Seletividade (%) ao híbrido de milho AG8088PRO2 (Agrocere[®]) e massa seca das plantas (g) em dois períodos experimentais.

Safra									
	Dias após a aplicação (DAA)								Massa seca
	3	7	14	21	28	35	42	60	
Cont	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	157,3 ± 49,7 ab
Nico ₆₀	4,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	175,2 ± 42,8 ab
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	4,00	4,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	165,9 ± 47,1 ab
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	2,00	7,00	8,00	4,00	8,00	0,00	0,00	0,00	195,6 ± 42,2 a
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	3,00	39,00	46,00	47,00	21,00	8,00	0,00	0,00	79,7 ± 31,4 b
Nico ₆₀ +Halo ₆	3,00	1,00	3,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	175,4 ± 97,9 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	4,00	16,00	11,00	19,00	30,00	30,00	0,00	0,00	126,3 ± 23,5 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	7,00	44,20	70,00	41,00	47,00	50,00	60,00	60,00	116,6 ± 44,0 ab
F	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75*
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	34,67
DMS	-	-	-	-	-	-	-	-	10,583
Safrinha									
	Dias após a aplicação (DAA)								Massa seca
	3	7	14	21	28	35	42	60	
Cont	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	253,3 ± 14,5 a
Nico ₆₀	4,00	18,00	13,00	4,40	6,00	4,00	1,00	0,00	220,9 ± 13,8 ab
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	4,20	3,00	3,00	3,00	2,60	1,00	0,00	0,00	251,3 ± 23,0 ab
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	0,40	2,00	16,00	20,00	14,00	0,00	0,00	0,00	236,0 ± 38,4 ab
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	0,00	19,00	32,00	33,00	19,00	8,00	2,00	2,00	199,5 ± 27,7 ab
Nico ₆₀ +Halo ₆	0,00	8,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	250,2 ± 12,3 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	2,20	7,00	9,00	2,00	3,00	3,00	3,20	0,00	206,0 ± 41,8 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	0,60	32,00	77,00	86,00	95,00	89,00	84,00	82,00	118,0 ± 12,5 c
F	-	-	-	-	-	-	-	-	15,52**
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	11,78
DMS	-	-	-	-	-	-	-	-	52,26

**Significativo a $p \leq 0,01$; *Significativo a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DAA = dias após a aplicação; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$.

Resultado similar foi encontrado por Giraldeli et al. (2019) em estudo de casa de vegetação. Ao pulverizar 50 g i.a. ha⁻¹ de nicossulfurom no híbrido convencional de milho 30F53 constataram lesões na ordem de 3,5% aos 7 DAA com redução para 0,8% aos 14 DAA e a ausência de lesões aos 21 DAA. Dan et al. (2010) observaram

lesões de 3,0% aos 7 DAA e redução para níveis próximos a zero aos 21 DAA após a aplicação de nicossulfurom (50 e 60 g i.a. ha⁻¹) nos híbridos AG 8011, AG 9040 e AG 6020.

O aumento da dose do graminicida da causa elevou a porcentagem das lesões causadas nas plantas de milho, uma vez que o híbrido utilizado neste estudo não apresenta tecnologia de resistência a estes graminicidas que são utilizados para controle no controle de milho voluntário resistente ao glifosato (Carvalho et al.,2019).

Aos 3 DAA não ocorreu diferença estatística na altura de plantas entre os tratamentos. Todavia, aos 7 DAA, em ambos os experimentos, os tratamentos Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈ apresentaram redução na altura em relação ao controle (Tabela 5). A partir de 14 DAA na safra, as plantas tratadas com Nico₆₀ apresentaram maior altura do que as plantas do controle. No entanto, esse fato não foi observado no ano seguinte.

Ao longo das avaliações, observou-se que a aplicação de Nico₆₀+Halo₁₈ foi a que mais impactou a altura das plantas em ambos os experimentos (Tabela 5). Aos 60DAA do experimento da safra, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas para a altura, indicando recuperação no desenvolvimento. No experimento da safrinha, os tratamentos não diferiram estatisticamente, exceto na aplicação de Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 5).

Nas avaliações de 3 DAA e 7 DAA não ocorreram diferenças estatísticas no diâmetro do colmo em ambos os experimentos (Tabela 6). No experimento conduzido na safra, aos 14 DAA, o tratamento que resultou no menor diâmetro foi o Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 6). A partir da avaliação de 21 DAA, as aplicações de Nico₆₀+Cle_{64,8} e Nico₆₀+Halo₁₈ resultaram em menores diâmetros do colmo das plantas de milho . No entanto, na safrinha, apenas a aplicação de Nico₆₀+Cle_{64,8} apresentou menores valores de diâmetro do colmo em todas as avaliações (Tabela 6).

Assim como observado em relação à altura por Carvalho et al. (2019), a aplicação do graminicida afeta o desenvolvimento do diâmetro do caule. O aumento do efeito também está diretamente ligado ao aumento da dose.

Tabela 5. Altura das plantas (cm) de milho, híbrido AG8088PRO2 (Agroceres®) em dois períodos experimentais.

Safra
Dias após a aplicação (DAA)

	7	14	21	28	35	42	60
Cont	24,1 a	29,5 ab	40,5 ab	68,7 a	107,9 a	174,0 ab	200,8 a
Nico ₆₀	23,3 ab	35,0 a	45,8 ab	71,4 a	112,8 a	188,0 a	208,2 a
Nico ₆₀ +Cle ₂₁ , 6	21,0 abc	29,3 ab	40,7 ab	62,2 a	98,4 ab	157,3 ab	198,4 a
Nico ₆₀ +Cle ₄₃ , 2	22,0 ab	30,2 ab	42,5 ab	70,7 a	106,0 ab	172,8 ab	193,3 a
Nico ₆₀ +Cle ₆₄ , 8	16,9 cd	23,8 bc	26,4 cd	42,7 ab	70,1 bc	117,1 bc	174,8 a
Nico ₆₀ +Halo ₆	22,0 ab	35,0 a	46,7 a	56,3 ab	105,0 ab	178,7 ab	208,0 a
Nico ₆₀ +Halo ₁ , 2	18,8 bcd	25,7 bc	34,0 bc	54,7 ab	83,4 ab	147,9 ab	201,2 a
Nico ₆₀ +Halo ₁ , 8	14,4 d	18,3 c	21,6 d	32,3 b	44,8 c	77,2 c	152,4 a
F	9,36**	11,83**	11,66**	4,89**	8,56**	6,44**	2,46 ^{NS}
C.V. (%)	12,08	12,96	16,07	24,73	19,72	21,71	14,27
DMS	5,02	7,52	12,27	29,07	36,79	67,46	56,18
Safrinha							
Dias após a aplicação							
	7	14	21	28	35	42	60
Cont	24,7 a	35,6 a	54,0 a	79,0 a	121,7 a	165,0 a	203,2 a
Nico ₆₀	22,0 abc	29,8 ab	42,7 a	61,1 ab	93,1 ab	150,0 a	196,3 a
Nico ₆₀ +Cle ₂₁ , 6	21,6 abc	28,4 ab	44,2 a	63,8 ab	98,3 ab	133,6 a	175,4 a
Nico ₆₀ +Cle ₄₃ , 2	20,6 abc	27,0 b	41,2 a	60,1 ab	91,1 ab	148,4 a	196,1 a
Nico ₆₀ +Cle ₆₄ , 8	20,1 abc	27,0 b	41,4 a	57,5 ab	85,5 b	127,4 a	172,6 a
Nico ₆₀ +Halo ₆	22,9 ab	29,5 ab	44,8 a	69,7 ab	105,2 ab	148,0 a	194,6 a
Nico ₆₀ +Halo ₁ , 2	18,7 bc	26,8 b	40,7 a	54,7 b	87,3 b	128,0 a	186,6 a
Nico ₆₀ +Halo ₁ , 8	17,1 c	18,5 c	19,6 b	29,5 c	42,5 c	61,0 b	92,0 b
F	3,81**	6,90**	7,87**	7,74**	10,40**	11,56**	11,16**
C.V. (%)	13,07	14,49	18,79	19,35	17,35	15,69	13,61
DMS	5,61	8,26	15,81	23,56	32,20	42,66	49,37

**Significativo a $p \leq 0,01$, NS= não significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DAA = dias após a aplicação; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$.

Tabela 6. Diâmetro (mm) do colmo das plantas de milho (mm), híbrido AG8088PRO2 (Agroceres®) em dois períodos experimentais.

Safrinha						
Dias após a aplicação (DAA)						
	14	21	28	35	42	60
Cont	16,0 abc	19,6	22,4 ab	22,4 ab	24,2 abc	22,9 a
Nico ₆₀	18,5 a	19,9	22,7 ab	23,5 a	24,6 ab	22,5 a
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	15,9 abc	19,5	22,3 ab	23,2 a	24,7 ab	23,0 a
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	16,9 abc	20,4	24,3 a	23,9 a	25,1 a	22,9 a
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	15,5 abc	16,1	18,3 b	18,7 ab	19,9 c	18,5 b
Nico ₆₀ +Halo ₆	18,2 ab	21,0	24,1 a	22,9 a	24,7 ab	22,9 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	14,0 bc	18,2	21,3 ab	21,2 ab	23,1 abc	21,8 ab
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	13,5 c	16,3	18,2 b	17,0 b	20,6 bc	20,9 ab
F	3,48**	2,15 ^{NS}	4,51**	4,35**	4,32**	4,24**
C.V. (%)	13,39	14,73	11,26	12,41	9,33	7,76
DMS	4,40	5,70	5,01	5,49	4,47	3,48
Safrinha						
Dias após a aplicação (DAA)						
	14	21	28	35	42	60
Cont	19,4	20,8 a	21,1 a	21,1 a	21,3 ab	21,2 a
Nico ₆₀	15,1	19,1 a	20,3 ab	19,9 abc	21,3 ab	20,7 a
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	16,5	20,3 a	20,7 ab	20,6 ab	21,6 a	20,7 a
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	15,9	20,2 a	22,1 a	20,3 abc	20,3 ab	20,1 a
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	16,3	18,3 a	22,0 ab	18,3 bc	18,7 ab	19,1 a
Nico ₆₀ +Halo ₆	17,1	20,3 a	22,5 a	20,8 ab	21,1 ab	21,0 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	17,0	19,0 a	20,1 ab	18,5 abc	18,4 ab	19,2 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	13,8	12,5 b	17,2 b	17,8 c	18,3 b	13,8 b
F	1,72 ^{NS}	4,99**	3,78**	4,88**	4,10**	9,71**
C.V. (%)	16,74	14,22	0,0043	6,56	7,85	8,91
DMS	5,62	5,48	3,8	2,64	3,23	3,56

**Significativo a $p \leq 0,01$; NS = não significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DAA = dias após a aplicação; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$.

No experimento realizado durante a safra, a altura de inserção de espiga foi maior que o tratamento controle nas aplicações de Nico₆₀+Cle_{21,6} e Nico₆₀+Halo₆ (Tabela 7). Este acréscimo na altura de inserção da espiga observado nas subdoses mais baixas dos graminicidas não foram observadas no experimento seguinte. No entanto, em ambos os experimentos, reduções na altura da inserção da espiga foram notadas com a aplicação de Nico₆₀+Cle_{64,8}, Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 7).

Tabela 7. Comprimento (cm) e diâmetro (mm) de espiga do híbrido de milho AG8088PRO2 (Agrocere[®]) em dois períodos experimentais.

	Espiga					
	Altura de inserção da espiga		Comprimento (cm)		Diâmetro (mm)	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
Cont	85,0 ab	92,3 a	15,4 ab	16,0 a	36,5 a	43,7 a
Nico ₆₀	82,7 ab	94,9 a	16,1 a	15,9 a	33,2 ab	42,8 a
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	90,0 a	79,4 a	14,8 ab	17,0 a	33,8 ab	44,2 a
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	84,6 ab	94,7 a	15,5 ab	15,2 a	37,8 a	42,9 a
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	65,5 b	77,6 ab	11,8 b	14,0 a	25,0 b	41,6 a
Nico ₆₀ +Halo ₆	85,3 ab	85,1 ab	14,3 ab	17,0 a	33,9 ab	44,8 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	81,7 ab	72,9 ab	15,3 ab	15,8 a	31,3 ab	42,1 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	72,0 ab	60,0 b	13,5 ab	13,6 b	30,2 ab	37,0 b
F	2,35*	3,79**	2,31*	2,40*	3,90**	5,76**
C.V. (%)	14,5	18,34	14,11	11,70	13,80	5,31
DMS	24,03	31,79	4,22	3,73	9,25	4,61

**Significativo a $p \leq 0,01$; *Significativo a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DAA = dias após a aplicação; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$.

As observações feitas na análise de altura de planta podem ser equiparadas às observações da análise de altura de inserção da espiga. Quanto maior a dose do graminicida, mais estes parâmetros são impactados.

Conforme os demais parâmetros avaliados, as características de comprimento e diâmetro da espiga foram mais afetadas nas aplicações de Nico₆₀+Cle_{64,8} e Nico₆₀+Halo₁₈ (Tabela 7).

Na safra, as aplicações de Nico₆₀+Cle_{64,8} e Nico₆₀+Halo₁₂ afetaram negativamente as características de fileiras por espiga e grãos por fileira. Na safrinha, os tratamentos com maiores subdoses de graminicida reduziram de forma mais intensa os fatores avaliados. Enquanto isso, a aplicação de nicossulfurom isolado (Nico₆₀) no estágio V4, apresentou resultados semelhantes ao tratamento controle (Tabela 8).

Tabela 8. Número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira do híbrido de milho AG8088PRO2 (Agroceres®) em dois períodos experimentais.

	Fileiras por espiga e grãos por fileira			
	Fileiras por espiga		Grãos por fileira	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
Cont	16,4 a	18,4 ab	32,8 a	33,2 a
Nico ₆₀	15,6 a	18,4 ab	26,8 a	32,2 a
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	18,6 a	18,0 ab	25,2 a	34,8 a
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	18,5 a	18,4 ab	27,6 a	30,8 a
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	10,2 b	16,8 ab	11,0 b	29,4 ab
Nico ₆₀ +Halo ₆	16,0 a	18,8 a	26,4 a	34,4 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	14,4 ab	17,6 ab	22,0 ab	30,4 a
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	15,6 a	16,0 c	25,6 a	24,0 b
F	5,09**	3,15*	4,88**	6,52**
C.V. (%)	15,57	6,76	25,78	9,74
DMS	4,93	2,47	13,01	6,22

**Significativo a $p \leq 0,01$; *Significativo a $p \leq 0,05$. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). DAA = dias após a aplicação; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$.

Esse resultado difere dos encontrados por Spader e Vidal (2001). Os autores observaram que o nicossulfurom nas doses de 60 e 80 g.ha⁻¹ aplicadas no estágio V9, reduziu o número de grãos por espiga, bem como o peso de grãos nos estádios V6 e V9. Os autores comentam que, supostamente, a aplicação de nicossulfurom em estádios mais avançados de desenvolvimento é absorvida em maior quantidade, acarretando danos ao milho.

Os menores pesos de massa seca da espiga foram observados no tratamento Nico₈₀+Halo₁₈. O peso dos grãos foi reduzido na maior subdose de cletodim e nas

duas menores doses de haloxifope (Tabela 9). Mendes et al. (2020) ao estudarem efeitos no milho de haloxifope e cletodim aplicados antes da semeadura, detectaram que o haloxifope ocasionou maiores danos ao milho que o cletodim, com reduções significativas no estande da cultura e na produtividade.

Tabela 9. Massa seca da espiga (g) e massa de grãos por espiga (g) do híbrido de milho AG8088PRO2 (Agrocere[®]) em dois períodos experimentais.

	Massa da espiga (g)		Massa de grãos por espiga (g)	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
Cont	68,7	131,3 ab	85,4 a	114,3 a
Nico ₆₀	69,6	113,3 ab	65,7 ab	104,7 ab
Nico ₆₀ +Cle _{21,6}	68,6	136,8 a	62,1 ab	102,9 ab
Nico ₆₀ +Cle _{43,2}	74,0	88,7 b	83,0 ab	106,3 ab
Nico ₆₀ +Cle _{64,8}	12,2	101,2 ab	17,1 c	64,2 cd
Nico ₆₀ +Halo ₆	77,6	129,0 ab	49,3 bc	84,1 bc
Nico ₆₀ +Halo ₁₂	44,9	107,5 ab	44,9 bc	63,6 cd
Nico ₆₀ +Halo ₁₈	38,5	37,3 c	61,0 ab	53,7 d
F	1,67 ^{NS}	9,96 ^{**}	9,73 ^{**}	22,76 ^{**}
C.V. (%)	68,72	21,54	26,95	12,71
DMS	80,25	46,61	32,33	22,57

**Significativo a $p \leq 0,01$, NS = não significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DAA = dias após a aplicação; CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$.

3.4 CONCLUSÃO

As misturas de Nico₆₀+Cle_{43,2}, Nico₆₀+Cle_{64,8} proporcionaram respectivamente controles de 92 e 97% de *D. insularis* e as aplicações de Nico₆₀+Halo₆ e Nico₆₀+Halo₁₂ proporcionam respectivamente controles entre 90 e 95% de *E. indica*. Entretanto, o tratamento Nico₆₀+Halo₁₈ foi o que apresentou melhor controle de *D. insularis* (100%) e *E. indica* (98%). Os tratamentos Nico₆₀+Cle_{64,8}, Nico₆₀+Halo₁₂ e Nico₆₀+Halo₁₈ não foram seletivos para o híbrido de milho AG8088PRO2.

3.5 REFERÊNCIAS

BARBOSA JC; MALDONADO JW (2015) **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP 396.

Barroso ALL, Dan HA, Procópio S, Toledo REB, Sandaniel CR, Braz GBP, Cruvinel KL (2010) Efficacy of ACCase-inhibiting herbicides in controlling grass weeds in soybean crops. **Planta Daninha** 28: 149-157.

Basso FJM, Galon L, Forte CT, Agazzi LR, Nonemacher F, Perin GF, Fiabani RC, Winter FL (2018) Weed management in RR[®] maize with herbicides applied isolated or associated with glyphosate. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 17: 148-157.

Carvalho FT, Moretti TB, Souza PA (2010) Eficácia e seletividade de associações de herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas** 9:35-41.

Carvalho SJP S, Uzuele EL, Soares DJ, Ovejero RFL, Christoffoleti PJ (2019) Controle de milho voluntário resistente ao glyphosate com herbicidas inibidores da ACCase. **Revista Caatinga** 3: 575-580.

Correia NM, Acra LT, Balieiro G (2015) Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population1. **Planta daninha** 33:93-101.

Dan HA, de Lemos Barroso AL, Braz GBP, de Moraes Dan LG, Ferreira Filho WC, Menezes CCE, Azambuja US (2010) Seletividade do nicosulfuron e da mistura com atrazine na cultura do milho. **Agrarian** 3:243-252.

de Carvalho SJP, de Oliveira VG, Vilela MEP, Mendes AC (2021). Efficacy and interaction of dicamba-haloxyfop tank mixtures. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 20:001-009.

Eppo C (1997) European and mediterranean plant protection organization. **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin** 27:643-644.

Fahad S, et al. (2014) Consequences of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Trianthema portulacastrum* emergence for weed growth and crop yield loss in maize. **Weed Research** 54:475-483.

Galon L, De David FA, Forte CT, Júnior FW, Radunz AL, Kujawinski R, Radunz LL, Castoldi CT, Perin GF, Mossi AJ (2018) Chemical management of weeds in corn hybrids. **Weed biology and management** 18:26-40a.

Galon L, Bagnara MAM, Gabiatti RL, Reichert Júnior FW, Basso FJM, Nonemacher F, Agazzi LR, Radunz LL, Forte CT (2018) Interference periods of weeds infesting maize crop. **Journal of Agricultural Science** 10:197-205b.

Giraldeli AL, Silva GSD, Silva AFM, Ghirardello GA, Marco LRD, Victoria R (2019) Efficacy and selectivity of alternative herbicides to glyphosate on maize. **Revista Ceres** 66:279-286.

Huang Z, Lu Z, Huang H, Li W, Cao Y, Wei S (2021) Target site mutations and cytochrome P450s-involved metabolism confer resistance to nicosulfuron in green foxtail (*Setaria viridis*). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 179:104956.

Oliveira MC, Lencina A, Ulguim AR, Werle R (2021) Assessment of crop and weed management strategies prior to introduction of auxin-resistant crops in Brazil. **Weed Technology** 35:155-165.

Perotti VE, Larran AS, Palmieri VE, Martinatto AK, Permingeat HR (2020) Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies. **Plant Science** 290:110255.

Melo TS, Makino, PA, Ceccon G (2019) Weed diversity in corn with different plant arrangement patterns grown alone and intercropped with palisade grass. **Planta daninha** 37.

Mendes RR, Franchini LHM, Lucio FR, Zobiolo LHS, Oliveira RS (2020) Aryloxyphenoxypropionates tolerant and non-tolerant corn: plant-back interval after acetyl-coA-carboxylase inhibitors applications. **Planta Daninha** 38.

Salomão PEA, Ferro AMS, Ruas WF (2020) Herbicidas no Brasil: um breve revisão. **Research, Society and Development** 9:e32921990-e32921990.

Velini ED, Osipe R, Gazziero DLP (1995) **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD.

Spader V, Vidal RA (2001) Seletividade e dose de injúria econômica de nicossulfuro aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciência Rural** 31: 929-934.

Timossi PC (2009) Manejo de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha** 27:175-179.

Tursun N, Datta A, Sakinmaz MS, Kantarci Z, Knezevic SZ, Chauhan BS (2016) The critical period for weed control in three corn (*Zea mays* L.) types. **Crop Protection** 90:59-65.

CAPÍTULO 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática de mistura em tanque é amplamente utilizada pelos produtores e é uma importante alternativa para controle de plantas daninhas resistentes à herbicidas. Estudos para determinar a interação química existente nas combinações de produtos, bem como a análise da eficácia de controle destas misturas são de suma importância.

Em nenhuma das caldas observou-se indícios de incompatibilidade, porém a formação de sedimento notada em todas as caldas indica que todas merecem atenção especial no que diz respeito à agitação no tanque de pulverização. O aumento da dose dos graminicidas na calda reduziu a tensão superficial, ocasionando menor ângulo de contato e um maior espalhamento da gota na superfície, podendo interferir na cobertura do alvo.

A mistura Nico₆₀+Cle_{64,8} pode ser uma alternativa para controle de *D. insularis* em milho, pois apresenta eficácia de controle e é seletivo para a cultura. A mistura Nico₆₀+Halo₁₈ controlou bem ambas as plantas daninhas estudadas, porém ocasionou injúrias no milho e reduziu os parâmetros avaliados.

Os dados aqui apresentados foram obtidos em condição de casa de vegetação. Para maiores esclarecimentos sobre o desempenho destas misturas, faz-se necessário estudos em condição de campo.