

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL

UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO AOS
HERBICIDAS NICOSULFURON E TEMBOTRIONE**

RAFAELLE RIBEIRO DUARTE

CASSILÂNDIA – MS

Fevereiro/2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO AOS
HERBICIDAS NICOSULFURON E TEMBOTRIONE**

Acadêmico: **Rafaelle Ribeiro Duarte**

Orientador: **Dr. Rogério Soares de Freitas**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS

Fevereiro/2019

D874t Duarte, Rafaelle Ribeiro Duarte

Tolerância de cultivares de milho aos herbicidas nicosulfuron e tembotrione/ Rafaelle Ribeiro Duarte. – Cassilândia, MS: UEMS, 2019.

69p.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2019.

Orientador: Prof. Dr Rogério Soares de Freitas.

1. Cultura do milho – Importância 2. Plantas daninhas – Perdas 3. Plantas daninhas – Controle I. Freitas, Rogério Soares de Freitas II. Título

CDD 23.ed. - 633.15



Governo do Estado de Mato Grosso do Sul
Fundação Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
PROPP - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
UEMS - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Sede Dourados
UUCass - Unidade Universitária de Cassilândia
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
PGAC - Área de Concentração em Sustentabilidade na Agricultura



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO AOS HERBICIDAS
NICOSULFURON E TEMBOTRIONE.**

AUTOR(A): RAFAELLE RIBEIRO DUARTE
ORIENTADOR(A): ROGÉRIO SOARES DE FREITAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção de MESTRE EM AGRONOMIA, Área de concentração: “**Sustentabilidade na Agricultura**”, pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rogério Soares de Freitas
Orientador(a)

Prof. Dr. Wander Luis Barbosa Borges

Prof. Dr. Everton Luis Finoto

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”.

Ayrton Senna

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho à Deus, que com sua infinita sabedoria, foi um importante guia na minha trajetória”.

AGRADECIMENTOS

Na realização da presente dissertação, contei com o apoio direto ou indireto de múltiplas pessoas às quais estou profundamente grata. Correndo o risco de injustamente não mencionar algum dos contributos quero deixar expresso os meus agradecimentos:

A Deus, meu criador, pela força em todos momentos, determinação e saúde que me foi dada para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao orientador desta dissertação o Dr. Rogério Soares de Freitas, pela orientação prestada, pelo seu incentivo, pela paciência em todas as fases, disponibilidade e apoio que sempre demonstrou. Aqui lhe exprimo a minha gratidão.

Ao co-orientador Dr. Tiago Zoz, pela sua disponibilidade, incentivo e por todo acolhimento e atenção recebido durante todo o convívio.

A todos os amigos e colegas que contribuíram, ou auxiliaram na elaboração do presente estudo, pela paciência, atenção e força que prestaram nos momentos menos fáceis, em especial ao André Zoz e Renato Silva Borges, Muito obrigada por todo auxílio.

A Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Cassilândia, pelo acolhimento.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia em nível de mestrado em Sustentabilidade na Agricultura, pela oportunidade e estrutura oferecida.

A todos os funcionários do Centro de Seringueiras e Sistemas agroflorestais, Votuporanga-SP. Muito obrigada por todo apoio, empenho e cuidado que tiveram comigo durante esses dois anos.

Não poderia deixar de agradecer aos meus queridos pais, Célio Ribeiro da Silva e Adalzira Ramos Duarte por todo o apoio econômico, pela força e pelo carinho que sempre me prestaram ao longo de toda a minha vida acadêmica, bem como, à elaboração da presente dissertação.

Ao meu esposo Hudson Muller por ter caminhado ao meu lado, pela sua paciência, compreensão e ajuda prestada durante a elaboração da presente dissertação, especialmente por apresentar sempre um sorriso e o qual sem o seu apoio teria sido impossível. Por isso muito obrigado.

Enfim, quero demonstrar o meu agradecimento, a todos aqueles que, de um modo ou de outro, tornaram possível a realização da presente dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO GERAL	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
1.1. Importância da Cultura do Milho	14
1.2 Perdas Causadas pelas Plantas Daninhas	16
1.3. Métodos de Controle de Plantas Daninhas	19
1.4. Seletividade de Herbicidas	23
1.5. Herbicida Nicosulfuron	25
1.6. Herbicidas Tembotrione	26
1.7. Referências bibliográficas	27
CAPÍTULO 2. TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO AOS HERBICIDAS NICOSULFURON E TEMBOTRIONE	37
2.1. Introdução	38
2.2. Material e Métodos	41
2.3. Resultados e Discussão	44
2.4. Conclusão	62
2.5. Referências Bibliográficas	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala de notas de fitotoxidez	25
Tabela 2. Médias de altura de planta (ALTP), altura de inserção da espiga (ALTE), rendimento de espiga (REDE), população de plantas (POP), índice de espigas (INDE), massa de cem grãos (M100), peso do hectolitro (PH) e produtividade de grãos (PRODG), das testemunhas para caracterização de três cultivares de milho	44
Tabela 3. Resumo da análise de variância das características: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALTE), rendimento de espigas (REDE), população de plantas (POP), índice de espigas (INDE), massa de cem grãos (M100), peso hectolitro (PH) e produtividade de grãos (PRODG) de três cultivares de milho submetidas a doses do herbicida nicosulfuron em dois estádios de desenvolvimento das plantas.....	47
Tabela 4. Altura de inserção de espiga (*porcentagem em relação à testemunha) em função de duas épocas de aplicação do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho.	51
Tabela 5. Massa de cem grãos e peso do hectolitro em função de quatro doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares e duas épocas de aplicação.....	55
Tabela 6. Resumo da variância das características: altura de planta (ALTP), altura de inserção da espiga (ALTE), rendimento de espigas (REDE), população de plantas (POP), índice de espigas (INDE), massa de cem grãos (M100), peso do hectolitro (PH) e produtividade de grãos (PRODG) de três cultivares de milho submetidas a doses do herbicida tembotrione em dois estágios de desenvolvimento da planta	58
Tabela 7. Altura da planta (ALTP), altura de inserção da espiga (ALTE), população de plantas (POP), massa de cem grãos (M100), peso do hectolitro (PH) e produção de grãos (PRODG), em três cultivares de milho, duas épocas de aplicação e quatro doses do herbicida tembotrione.....	60
Tabela 8. Rendimento de espiga em função das doses e da interação entre cultivares e épocas de aplicação do herbicida tembotrione	61

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Temperatura máxima, média e mínima (A) e pluviosidade decendial (B) durante o período de condução do experimento, Votuporanga, SP (CIIAGRO)..... **43**
- Figura 2.** Fitotoxicidade de doses 0 (D1), 30 (D2), 60 (D3) e 120 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 após sua aplicação em V3.. **47**
- Figura 3.** Fitotoxicidade de doses 0 (D1), 30 (D2), 60 (D3) e 120 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14 e 21 após sua aplicação em V6..... **47**
- Figura 4.** Altura de plantas na colheita (*porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho (A) e em dois estádios de desenvolvimento da planta no momento da aplicação (B). **49**
- Figura 5.** Rendimento de espiga na colheita (*porcentagem em relação à testemunha), em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho. **50**
- Figura 6.** Altura de inserção da espiga (*porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho. **51**
- Figura 7.** População de plantas (*porcentagem em relação à testemunha), em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho e duas épocas de aplicação. Desdobramento da interação tripla isolando o fator cultivares. **53**
- Figura 8.** Índice de espiga (*porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho (A) e em dois estádios de desenvolvimento da planta no momento da aplicação (B)..... **54**

Figura 9. Produção de grãos (*porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho (A) e em dois estádios de desenvolvimento da planta no momento da aplicação (B)..... **57**

Figura 10. Fitotoxicidade das doses 0 (D1), 50,4 (D2), 100,8 (D3) e 201,6 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida tembotrione em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 após sua aplicação em V3..... **59**

Figura 11. Fitotoxicidade das doses 0 (D1), 50,4 (D2), 100,8 (D3) e 201,6 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida tembotrione em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14 e 21 após sua aplicação em V6..... **60**

RESUMO GERAL

O milho (*Zea mays*) é um importante grão tanto para a economia quanto como fator social no Brasil e no mundo. O cereal representa uma das mais importantes culturas da agricultura brasileira, não só no aspecto quantitativo como também no aspecto qualitativo, sendo uma das bases da alimentação animal. As plantas daninhas podem ocasionar perdas na produtividade, variando de 10 a mais de 90% em função da espécie competidora, do grau de infestação, do período de convivência, bem como do estágio de desenvolvimento da cultura e das condições climáticas durante a convivência. Entre as medidas para o manejo de plantas daninhas, o controle químico é uma ferramenta importante, contudo, a tolerância das culturas aos herbicidas pode ser afetada pela dose utilizada, pelo estágio da cultura no momento da aplicação do herbicida, pelo cultivar utilizado devido a reações específicas de cada cultivar etc. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a tolerância de cultivares de milho aos herbicidas Nicosulfuron e tembotrione. Foram realizados dois ensaios no delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições, em arranjo fatorial 4 x 3 x 2, sendo o primeiro fator constituído pelas doses dos herbicidas [Nicosulfuron (0, 30, 60 e 120 ig.a.ha⁻¹) ensaio 1 e doses do tembotrione (0; 50,4; 100,8 e 201,6 gi.a. ha⁻¹) ensaio 2], o segundo fator foram os cultivares de Milho IAC 8390, IAC 8333 e IAC Airam e o terceiro fator a aplicação dos herbicidas em dois estádios fenológicos da planta (V3 e V6). Após a aplicação dos herbicidas foi avaliado os sintomas de fitotoxicidade, altura de plantas, a população final de plantas, massa de 100 grãos, índice de espigas e produtividade de grãos. Os ensaios de campo demonstraram que os cultivares IAC 8390, IAC 8333 e IAC Airan apresentaram tolerância diferencial aos herbicidas. Os cultivares apresentaram altos níveis de fitointoxicação pelo herbicida Nicosulfuron, principalmente, quando aplicado em V3 e nas maiores doses utilizadas. O IAC 8390 é o cultivar com maior tolerância ao herbicida Nicosulfuron, podendo este ser utilizado sem prejudicar o desenvolvimento da planta. O Nicosulfuron não deve ser utilizado para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho, quando se opta pelos cultivares IAC Airan e IAC 8333. No ensaio 2 os resultados mostraram que os cultivares de milho avaliados, apresentaram boa tolerância ao herbicida tembotrione em razão da baixa fitotoxicidade causada pelo mesmo, independentemente da dose e do estágio fenológico que receberam a aplicação do herbicida. **Palavras-chave:** *Zea mays*, plantas daninhas, seletividade, herbicidas.

TOLERANCE OF CORN CULTIVARS TO THE HERBICIDE NICOSULFURON AND TEMBOTRIONE. Cassilândia, 2019. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sustentabilidade na Agricultura) – Unidade Universitária de Cassilândia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-MS, 2019.

Author: RAFAELLE RIBEIRO DUARTE

Adviser: ROGÉRIO SOARES DE FREITAS

ABSTRACT

Corn (*Zea mays*) is an important grain for both the economy and social factor in Brazil and in the world. The cereal represents one of the most important crops of Brazilian agriculture, not only in the quantitative aspect but also in the qualitative aspect, being one of the bases of the animal feed. The weeds can cause losses in productivity, varying from 10 to more than 90% depending on the competing species, the degree of infestation, the period of coexistence, as well as the stage of development of the crop and the climatic conditions during the coexistence. Among the measures for weed management, chemical control is an important tool, however, crop tolerance to herbicides can be affected by the dose used, by the stage of the crop at the time of application of the herbicide, by the cultivar used due to reactions specific to each cultivar. In this sense, the objective of this work was to evaluate the tolerance of maize cultivars to the herbicides nicosulfuron and tembotrione. Two trials were carried out in the randomized block design, with five replications, in a factorial arrangement of 4 x 3 x 2, the first factor being the doses of the herbicides (Nicosulfuron (0, 30, 60 and 120 ig.a.ha⁻¹) assay 1 and doses of tembotrione (0; 50.4, 100.8 and 201.6 gi.a.ha⁻¹) assay 2], the second factor was the cultivars of Corn IAC 8390, IAC 8333 and IAC Airam and the third factor is the application of the herbicides in two phenological stages of the plant (V3 and V6). After herbicide application, the symptoms of phytotoxicity, plant height, final plant population, 100 grain mass, ear index and grain yield were evaluated. Field trials demonstrated that cultivars IAC 8390, IAC 8333 and IAC Airam presented differential tolerance to herbicides. The cultivars presented high levels of phytotoxification by the herbicide Nicosulfuron, mainly when applied in V3 and in the higher doses used. IAC 8390 is the cultivar with the highest

tolerance to the herbicide Nicosulfuron, which can be used without impairing the development of the plant. Nicosulfuron should not be used for weed management in maize when IAC Airan and IAC 8333 cultivars are chosen. In test 2 the results showed that maize cultivars evaluated showed good tolerance to tembotrione herbicide due to low phytotoxicity caused by it, regardless of the dose and phenological stage that received the application of the herbicide. Two trials were carried out in the randomized block design, with five replications, in a factorial arrangement of 4 x 3 x 2, the first factor being the doses of the herbicides (Nicosulfuron (0, 30, 60 and 120 ig.a.ha-1) assay 1 and doses of tembotrione (0; 50.4, 100.8 and 201.6 gi.a. ha-1) assay 2], the second factor was the cultivars of Corn IAC 8390, IAC 8333 and IAC Airam and the third factor is the application of the herbicides in two phenological stages of the plant (V3 and V6). After herbicide application, the symptoms of phytotoxicity, plant height, final plant population, 100 grain mass, ear index and grain yield were evaluated. Field trials demonstrated that cultivars IAC 8390, IAC 8333 and IAC Airan presented differential tolerance to herbicides. The cultivars presented high levels of phytotoxification by the herbicide Nicosulfuron, mainly when applied in V3 and in the higher doses used. IAC 8390 is the cultivar with the highest tolerance to the herbicide Nicosulfuron, which can be used without impairing the development of the plant. Nicosulfuron should not be used for weed management in maize when IAC Airan and IAC 8333 cultivars are chosen. In test 2 the results showed that maize cultivars evaluated showed good tolerance to tembotrione herbicide due to low phytotoxicity caused by it, regardless of the dose and phenological stage that received the application of the herbicide.

Key words: Zea mays, weeds, selectivity, herbicides.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Importância da Cultura do Milho

A importância econômica do milho (*Zea mays L.*) pode ser caracterizada por sua utilização na alimentação animal e na indústria alimentícia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa maior parte do consumo desse cereal (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2016).

O Brasil é tipicamente um produtor e exportador desde cereal sendo que sua produção no Brasil tem crescido substancialmente nos últimos anos, graças ao aumento de produção da 2ª safra, capacitando o país a se tornar um exportador líquido no produto e em seus derivados (SANTOS, 2017).

No Brasil, na safra 2017/18, a área semeada foi de 16,64 milhões de hectares, com safra de 81,35 mil toneladas, produtividade $4,891 \text{ kg ha}^{-1}$, resultando no faturamento de R\$ 40,56 bilhões no setor (CONAB, 2018). Em geral o país ocupa a terceira posição na produção mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e da China (FAO, 2017).

Além de ocupar uma área cultivada considerável no território brasileiro, gerando empregos no setor agrícola, o milho é importante pela sua utilização direta na alimentação humana e de animais (SOARES, 2010). Em 2010/11, cujo consumo interno foi de 65% da produção total, o consumo animal correspondeu a 65% dessa produção. O setor avícola é o grande consumidor dessa produção com 56%, sendo que 28% destinam-se a suinocultura, seguida pela pecuária leiteira com 9% e 5,7% para fabricação de rações para outros animais (EMBRAPA, 2012).

Constata-se, portanto, que a cultura do milho é inserida na estrutura de uma cadeia produtiva que se alonga e se integra horizontalmente. É básica para o agronegócio, dinâmico, moderno e estratégica para o avanço quantitativo e qualitativo do consumo de alimentos no Brasil e no mundo (SOLOGUREN, 2015).

Em território nacional sua produção é dividida em duas épocas, a semeadura de verão e safrinha, realizada na época tradicional, ou seja, durante o período chuvoso. Na região sul esta safra ocorre no final de agosto até os meses de outubro e nas regiões sudeste e centro-oeste em novembro. A safrinha ou segunda safra é implantada entre os meses de janeiro até março, logo após a colheita da soja precoce, aproveitando as últimas chuvas antes do período de estiagem (SHIOGA et al., 2004).

No passado, o cultivo de milho era relacionado à subsistência. Atualmente a produtividade desse cereal está direcionada a cultivos comerciais baseados na utilização de tecnologias modernas, de forma que esse produto tem se destacado entre as demais culturas, revelando uma importância econômica e social inquestionável (SOUZA; BRAGA, 2004).

O milho é cultivado em 3,6 milhões de propriedades agrícolas no Brasil, e existem várias condições para o cultivo desse cereal, desde agriculturas de subsistência até grandes produtores que utilizam o mais alto nível tecnológico obtendo grandes produtividades

(EMBRAPA, 2012). Seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista social, o milho é uma das culturas mais importantes mundialmente e é cultivado em todas as microrregiões do Brasil. As alternativas de uso do milho vão se ampliando, para além de ração animal, que tem sido o lastro sobre o qual se assenta um importante crescimento dos segmentos de produção animal, para o qual se projeta crescimento de mais de 30% nos próximos 10 anos. A indústria vem incrementando o emprego do milho como insumo na fabricação de produtos como lisina, itens biodegradáveis, isogluose, etanol etc. (SOLOGUREN, 2015). O cereal pode ser utilizado na produção de alimentos básicos, como fubás, farinhas, canjicas e óleos, como pode ser empregado em produtos mais elaborados, como xarope de glucose, maltodextrinas, corantes caramelo e amidos industriais, (SOLOGUREN, 2015).

O crescimento vegetal é resultado de interações entre o potencial genético das plantas e dos fatores ambientais envolvidos no metabolismo vegetal. Assim, a diferença de produtividade média obtida em lavouras e as que são verificadas em condições de adequado manejo pode ser atribuída a várias causas, como o uso de cultivares com baixo potencial de produção de grãos e/ou não adaptados à região de cultivo, aplicação de baixas doses de fertilizantes, época de semeadura imprópria, arranjo inadequado de plantas e falha no manejo de plantas infestantes, pragas e doenças (SANGOI et al., 2007).

1.2 Perdas e interferências pelas plantas daninhas

De acordo com as condições edafoclimáticas o Brasil tem se destacado como um país de grande potencial para a cultura do milho. No entanto, o clima tropical é também propício à ocorrência de uma grande quantidade de plantas daninhas, que interferem no desenvolvimento e na produtividade da cultura (CARVALHO; PERUCHI; PALAZZO, 2001). Embora a cultura do milho seja considerada com boa capacidade competitiva, nela ocorre forte interferência das plantas daninhas.

As plantas daninhas podem reduzir o rendimento nas operações de colheita e seus prejuízos não estão associadas apenas à competição por luz, água e nutrientes (HE et al., 2011; BULLIED et al., 2012; FLETCHER; REDDY, 2016); mas também pela liberação de substâncias químicas nos solos, o que pode atrasar e/ou inibir o crescimento e desenvolvimento das culturas (NARWAL, 2004; NALINI et al., 2015; STURM; ROLAND, 2016). Estima-se que a redução causada pelas plantas daninhas na produção das

culturas no Brasil seja da ordem de 20 a 30%, atingindo até 90% em casos extremos (BIANCHI, 1998). A interferência pode variar em função da espécie e do grau de infestação das plantas daninhas, do tipo de solo, das condições climáticas no período, do espaçamento, variedade, o estágio fenológico da cultura em relação a convivência com as plantas daninhas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), depende também de propriedades biológicas, fatores ambientais, tecnologias aplicadas e tipos de culturas (MACÁK et al., 2008, WEIDE et al., 2008). Para minimizar essas perdas, na maioria dos casos, tem sido usado o controle químico (BIANCHI, 1998). Portanto, o controle de daninhas é uma necessidade de ordem econômica, no qual o método químico, por meio de herbicidas, é o mais viável (LÓPEZ et al., 2003a).

Embora o uso de herbicidas seja muito eficaz no controle de plantas daninhas, o manejo inadequado pode induzir ao problema de resistência dessas plantas aos herbicidas. Holt e LeBaron (1990) a definição do termo “resistência” de plantas daninhas aos herbicidas deve sempre estar relacionada com a dose recomendada nas condições de campo para o controle das plantas daninhas. Sawicki (1987) propôs uma definição que incorpora não apenas doses recomendadas, mas também o conceito de evolução. Sendo assim, resistência marca uma mudança genética nas plantas daninhas em resposta à seleção imposta pelos herbicidas usados normalmente em dosagens recomendadas. Rubim (1991) considerou que o termo resistência cruzada deveria ser empregado em casos em que uma população de plantas daninhas é resistente a dois ou mais herbicidas devido à presença de um único mecanismo de resistência. Em contraste, a resistência múltipla deveria ser usada nos casos em que a mesma planta resistente possui dois ou mais mecanismos de resistência distintos.

Os efeitos da interferência são irreversíveis, não havendo recuperação do desenvolvimento ou da produtividade após a retirada do estresse causado pela presença das plantas daninhas (KOZLOWSKI, 2002).

Além desses aspectos, as plantas daninhas podem afetar a eficiência da terra, dificultar o controle de pragas e doenças, o manejo da água na irrigação e a eficiência humana (ASHTON; MÔNACO, 1991). Karam e Melhorança (2000) relataram que os processos da interferência das plantas daninhas nas plantas de milho causam uma série de problemas no desenvolvimento, no processo produtivo, na qualidade dos grãos e na operacionalização da colheita. Estudos de Komorowska et al. (2012) demonstraram que nem todas as plantas daninhas afetam negativamente a produtividade. Pelo

contrário, algumas substâncias nas plantas daninhas têm um impacto positivo nos processos de crescimento e desenvolvimento. Depende principalmente da espécie de plantas cultivadas, bem como da ocorrência e densidade de plantas daninhas em sua vizinhança e da interdependência ecológica de plantas cultivadas com plantas daninhas.

A interferência das plantas daninhas pode ser considerada um dos mais importantes fatores de redução de produtividade das plantas cultivadas, pois, além de ocasionar perdas médias de aproximadamente 15% na produção mundial de grãos, podem ser hospedeiras de doenças, pragas e nematoides (SHUKLA, WARD, BRUNT, 1994; ALMEIDA, OLIVEIRA, RESENDE, 2001). A magnitude da redução da produção por plantas daninhas não é uniforme e depende de múltiplos fatores, como espécies de plantas daninhas e biomassa, densidade de plantas daninhas, tempo de emergência das plantas daninhas em relação à emergência das culturas, distribuição de plantas daninhas, tipo de solo, umidade do solo, pH e fertilidade do solo (WICKS et al., 2004, ESTORNINOS et al., 2005, ZIMDAHL, 2007, FAHAD et al., 2014, TURSUN et al., 2015, 2016).

Na cultura do milho o grau de interferência imposto pelas plantas daninhas é determinado pela composição florística (pelas espécies que ocorrem na área e pela distribuição espacial da comunidade infestante) e pelo período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura (KARAM et al., 2007), as principais plantas daninhas encontradas são: *Amarantus spp.* (caruru), *Cardiospermum halicacabum* (balãozinho), *Bidens pilosa* (picão-preto), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), *Ipomoea spp.* (corda-de-violão), *Nicandra physaloides* (joá-de-capote), *Raphanus sativus* (nabiça), *Richardia brasiliensis* (poaia branca), *Sida spp.* (guanxuma), além das poaceas, como *Urochloa plantaginea* (capim marmelada), *Cenchrus echinatus* (capim carrapicho), *Digitaria spp.* (capim colchão), *Echinochloa spp.* (capim arroz) e *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha) (BRANDÃO; LACA-BUENDIA; GAVILANES, 1982; KARAM; CRUZ, 2004; RIZZARDI; KARAM; MICHELLE, 2004; KARAM; GAMA, 2008). No Médio Paranapanema, importante região de milho safrinha do Estado de São Paulo, as espécies daninhas mais importantes são *Cenchrus echinatus*, *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis* e *Euphorbia heterophylla* (HIRATA et al., 2018).

No manejo de plantas daninhas, principalmente nas fases em que a interação entre a cultura e a comunidade infestante ainda não atingiram o final do período total de prevenção à interferência, são necessárias estratégias de controle e técnicas culturais adequadas

(MOREIRA, 2007). O controle de plantas daninhas é uma prática de manejo essencial que deve ser realizada para garantir o rendimento de grãos ideal para a produção de milho. Foram observadas reduções severas do rendimento, na ordem de 38 e 65%, em comparação com o controle sem plantas daninhas (GANTOLI et al., 2013).

Segundo Rajcan e Swanton, (2001) as plantas de milho apresentam elevada capacidade em absorver e utilizar água e nutrientes, além de possuírem elevada capacidade de utilização de radiação solar. Desse modo, a presença de plantas daninhas desde a fase inicial de desenvolvimento da cultura pode acarretar perdas, podendo dificultar a operação de colheita e afetar a qualidade do produto final, também podem ser hospedeiros intermediários de patógenos, insetos e nematoides e em consequência ocorre redução de produtividade de grãos (BALBINOT JUNIOR; FLECK, 2005; RAJCAN; SWANTON, 2001). Mesmo o milho sendo eficiente na absorção, não consegue acumular nutrientes como as plantas daninhas o fazem em seus tecidos. Em condições de competição, o nitrogênio seria o nutriente de maior limitação entre o milho e a planta daninha. (KARAM et al., 2007).

1.3 Métodos de Controle de Plantas Daninhas

O manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) pode ser definido como a associação de diferentes alternativas de manejo, as quais incluem o controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico (SWANTON; WEISE, 1991). No Manejo Integrado de plantas daninhas, introduz-se a possibilidade de fazer uso de diferentes métodos de controle, desde a prevenção, o manejo cultural, o controle biológico, o controle mecânico, até o controle químico, visando diminuir a população infestante buscando o máximo equilíbrio econômico e ambiental para determinada área. O monitoramento é a ferramenta básica para que a prática de integração dos métodos seja bem empregada (MENEZES, 2012).

Segundo o modelo proposto por Bleasdale (1960), adaptado por Pitelli (1985) os fatores mais facilmente controláveis, na prática, são a época e a extensão do período de convivência entre culturas e plantas daninhas.

O período crítico de competição das plantas daninhas com a cultura de milho ocorre dos 15 aos 50 dias após a semeadura ou desde a emergência até o pendoamento (PEIXOTO; RAMOS, 2002). O período, no qual a cultura pode conviver com as plantas

daninhas sem a ocorrência de perdas de produtividade, foi denominado por Pitelli e Durigan (1984) de período anterior à interferência (PAI) e tende a ser menor quanto maior for a população de plantas daninhas (RAMOS; PITELLI, 1994; BLANCO, 1996) e o período em que o controle anterior à sementeira foi realizado (SOUZA et al., 1996).

Assim, pode-se concluir que é no período crítico que deve-se manter a cultura livre de níveis elevados de infestação de plantas daninhas. A adoção de práticas de manejo que visem posicionar a cultura em situação competitiva vantajosa em relação às plantas daninhas, constitui-se em alternativa viável para reduzir, ou até eliminar a utilização de herbicidas (TOLLENAAR et al., 1994a).

Desse modo, as práticas de manejo promovem alterações nas relações de competição por água, luz e nutrientes em favor da cultura. Por exemplo, mudança no espaçamento entre fileiras, alterará o arranjo espacial das plantas na área. Ou ainda, a seleção de genótipos que apresentem determinadas características morfofisiológicas, como elevada estatura e rápido crescimento inicial da planta, pode elevar a competitividade com plantas daninhas. A escolha do genótipo e do arranjo espacial das plantas de milho pode influenciar vários eventos que determinam a produtividade de grãos em presença ou ausência de competição interespecífica.

Em muitos casos, as plantas daninhas oneram as operações de colheita, podendo inviabilizá-la. Assim, o uso de herbicidas é necessário para exploração econômica de grandes áreas de cultivo e muitas vezes também é necessário em pequenas áreas, devido à escassez e o custo de mão-de-obra no meio rural.

1.3.1 Controle Cultural e Preventivo

O controle cultural é o manejo do agroecossistema por meio da manipulação cultural, no sentido de evitar ou reduzir populações de pragas e favorecer a produção. Assim, baseia-se em modificações de práticas de manejo, de forma a dificultar a reprodução, dispersão, sobrevivência e danos das pragas na cultura. Apresenta como vantagens o baixo custo de adoção, o fato de ser adaptável às distintas realidades econômicas dos produtores e de favorecer outras medidas de controle (MIRANDA, 2006). Silva e Silva (2007) complementam com algumas práticas desse controle: menor espaçamento entre linhas, maior densidade de plantio, época adequada de plantio, uso de variedades adaptadas às regiões, uso de cobertura morta, realização de adubações adequadas, aplicação de irrigação bem manejada, rotação de culturas, são técnicas que

permitem a cultura tornar-se mais competitiva com as plantas daninhas (SILVA; SILVA, 2007).

O método preventivo está na premissa de evitar a introdução, o estabelecimento e a disseminação de novas espécies de plantas daninhas. Práticas preventivas como utilizar sementes de boa qualidade, provenientes de campos controlados e livre de disseminulos, promover a limpeza rigorosa de todas as máquinas e de todos os implementos, antes de serem transportados para outras, controlar o desenvolvimento das invasoras, impedindo, ao máximo, a produção de sementes e/ou estruturas de reprodução nas margens de cerca, estradas, terraços, pátios, canais de irrigação ou qualquer outro local da propriedade, controlar focos de infestação e, utilizar a rotação de culturas e de herbicidas devem ser adotadas para evitar a disseminação (GRAZZIEIRO et al., 2001).

1.3.2 Controle Mecânico

A capina manual ainda é muito utilizada pelos agricultores de subsistência, embora, essa operação seja recomendável para áreas comerciais de produção pequenas. A demanda de mão-de-obra é grande, abrangendo em torno de 16 a 20 homens por hectare para o milho, requerendo um grande contingente de operários em áreas maiores, o que nem sempre se encontra disponível, além de gerar um custo bem elevado. Como a capina manual é uma operação demorada, deve ser iniciada antes que as plantas daninhas apareçam (EMBRAPA - Milho e Sorgo, 2006). O uso dos equipamentos necessários também é vantajoso em alguns casos como em pequenas propriedades, em que o emprego de outros métodos de controle é limitado, devido à falta de equipamentos ou à topografia do terreno.

Normalmente, de duas a três capinas com enxada são realizadas durante os primeiros 40 a 50 dias após a semeadura, pois a partir daí o sombreamento do milho contribuirá para a redução das condições favoráveis para a germinação e desenvolvimento das plantas daninhas. A capina manual deve ser realizada, preferencialmente, em dias quentes e secos e com o solo com pouca umidade (MOREIRA, 2007). Assim, pode-se concluir que, ao contrário de outros controles para daninhas, o mecânico requer condições climáticas favoráveis para seu implemento, não abrangendo as necessidades de grandes produtores.

A capina mecânica apresenta rendimento superior a capina manual, todavia, deve ser evitada, pois a maior movimentação da camada superficial do solo contribui

acentuadamente para a ocorrência de erosão. Em muitas situações torna-se necessário o repasse manual (EMBRAPA - Milho e Sorgo, 2006).

1.3.3 Controle Químico

O método mais rápido e eficiente para o controle de plantas daninhas é por meio de herbicidas, os quais apresentem seletividade para a cultura, custo baixo, menor dano ambiental, sendo utilizado em pequenas, médias e principalmente, em grandes áreas de plantio (SILVA et al., 2009). O método se torna necessário em razão da escassez e do elevado custo da mão-de-obra, além de permitir a execução dessa operação agrícola em períodos convenientes à cultura, exemplo: no PAI, de forma mais eficiente (LÓPEZ et al., 2003). Assim, com o desenvolvimento do método químico de controle de plantas daninhas, a aplicação de herbicidas vem se tornando cada vez mais frequente, sobretudo em decorrência de sua eficácia, conveniência e viabilidade de custos (ABDIN et al., 2000; JAKELAITIS et al., 2005). Ainda que o uso de herbicida possa causar sintomas de fitointoxicação à cultura, o rendimento pode ser alto devido à eficiência no controle das plantas daninhas (MÔRO; DAMIÃO FILHO, 1999).

No entanto, esse método pode apresentar alguns problemas, tais como: possibilidade de contaminação ambiental, risco de intoxicação, aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas e necessidade de mão-de-obra qualificada. Por isso, há necessidade de adoção de práticas de manejo complementares que reduzam a interferência das plantas daninhas e o uso de herbicidas (FLECK et. al., 2005)

O herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura, não causar injúrias às plantas de milho, tanto à parte aérea quanto ao sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos e redução da produtividade final. Por essa razão, é fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas aplicados em pré e pós-emergência sobre o desempenho da cultura de milho (NICOLAI, 2004).

O controle químico das plantas daninhas nas lavouras de milho pode ser feito através de herbicidas aplicados em condições de pré-plantio (ou pré-semeadura), pré-emergência ou pós-emergência. Os primeiros devem ser aplicados antes da semeadura da cultura e são apenas recomendados para sistemas convencionais de produção, os pré-emergentes devem ser aplicados após a semeadura da cultura e antes da emergência das

espécies de plantas daninhas e os de pós-emergência são aqueles ministrados após a emergência da cultura e das plantas daninhas (LÓPEZ, 2000).

Portanto, o controle químico de plantas daninhas possui elevado rendimento operacional. O uso de herbicidas proporciona economia de trabalho e energia pela redução de custos de colheita e de secagem de grãos, em função da eliminação das plantas daninhas (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

1.4. Seletividade de Herbicidas

A seletividade do herbicida é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola. Para Anderson (1993), a seletividade de um herbicida é a capacidade agrônômica de matar ou inibir o crescimento de algumas plantas sem injuriar outras. A seletividade também pode ser definida como o uso de um herbicida ou em mistura, para um controle satisfatório de determinadas plantas daninhas sem danificar a cultura (OLIVEIRA, 2001; VELINI et al., 2000). A seletividade é a capacidade de um determinado herbicida eliminar plantas daninhas que se encontram no mesmo ambiente da cultura sem causar danos fitotóxicos capazes de reduzir a produtividade e/ou prejudicar a qualidade do produto colhido. A seletividade é, portanto, detectada por meio de avaliações de fitotoxicidade e do rendimento da cultura (VELINI et al., 1992). A análise da fitotoxicidade é baseada em alterações na coloração das plantas, resultando em queda na produtividade da cultura comparada com as plantas da testemunha sem aplicação. Quanto maior a tolerância da cultura e do híbrido utilizado em relação ao herbicida, maior é a segurança da aplicação (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2001).

A seletividade dos herbicidas ocorre devido aos seguintes fatores: posicionamento do herbicida no tempo e no espaço; dosagem e formulação; metabolismo diferencial entre cultura e planta daninha; diferenças anatômicas entre cultura e plantas daninhas; resistência no local de ação; uso de protetores de culturas; fatores internos da planta que não metabólicos, diferenças entre as plantas daninhas e culturas nos diferentes estádios fenológicos, aplicação de substâncias adsorventes, cultivar, tamanho da semente e engenharia genética (VIDAL, 1997; OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

A seletividade de um herbicida, em muitos casos, não pode ser atribuída exclusivamente à espécie cultivada, mas também a cultivar utilizada. O comportamento diferenciado das cultivares frente à aplicação dos herbicidas tem sido ressaltado em resultados de pesquisa e em observações nível de campo (VELINI et al.; 1992). Porém,

embora a seletividade a herbicidas possa estar associada à absorção, translocação ou ao metabolismo do produto, esses mecanismos às vezes não esclarecem, de forma adequada, diferenças de respostas observadas entre as espécies (LIEBL; NORMAN, 1991).

A base da seletividade dos herbicidas é o nível diferencial de tolerância das culturas e das plantas daninhas a um determinado tratamento; a seletividade trata-se, portanto, de um fator relativo, e não absoluto. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação. Desta forma, um herbicida seletivo é aquele que é muito mais tóxico para algumas plantas do que para outras dentro de alguns limites, como, faixa específica de doses, método de aplicação, condições ambientais que precedem e sucedem a aplicação, entre outras (OLIVEIRA JÚNIOR, CONSTANTIN; INOUE, 2011). Uma planta capaz de tolerar um herbicida em função desse mecanismo deve alterar ou degradar a estrutura química do herbicida por meio de reações que resultam em substâncias não tóxicas (AKOBUNDU, 1987).

É imprescindível salientar que, até 1995 só existiam herbicidas recomendados em pré-plantio incorporado e de pré-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura do milho, limitando de certa forma a adoção do plantio direto pelo agricultor (SILVA; MELHORANÇA, 1991; FRANCO, 2003). Para a solução desse problema surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos herbicidas recomendados em pós-emergência, sendo que, com a entrada das sulfoniluréias no mercado brasileiro, foi facilitado o controle de plantas daninhas na cultura, especialmente as da família das poaceas (FRANCO, 2003).

Os produtos recomendados para essa modalidade de aplicação devem possuir certas características importantes, como alta seletividade à cultura e rápida ação no controle das plantas daninhas. A seletividade dos herbicidas deste grupo às plantas de milho e o estágio de aplicação nas plantas daninhas, são fundamentais neste tipo de aplicação (FANCELLI et al., 1998). Ademais, Christoffoleti e Mendonça (2001) concluíram que, os programas de manejo de plantas daninhas na cultura de milho que utilizam herbicidas em pós-emergência têm alguns questionamentos fundamentais como à seletividade, época de aplicação e estágio fenológico da cultura, pois, se o momento de aplicação for inadequado, a produção da cultura pode ser reduzida pela injúria causada pelo herbicida. Também é importante o estágio de desenvolvimento da planta daninha, com aplicação recomendada em estágio de maior suscetibilidade aos herbicidas.

É fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas aplicados em pré e pós-emergência sobre o desempenho da cultura de milho,

independente da sua eficácia no controle de plantas daninhas. Para isso, é de fundamental importância conhecer a fenologia da cultura e os momentos de definição do potencial de produção (NICOLAI, 2004). Melhorança (1999) relata exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem causar efeitos visualmente detectáveis de fitotoxicidade e outros que podem provocar injúrias tóxicas evidentes na cultura e não causar redução na produtividade. Essas informações são corroboradas por Lorenzi, Brunelli Netto e Oliveira (1994), quando afirmam que níveis significativos de injúrias podem não causar redução de produtividade. No mesmo sentido FANCELLI et al. (1998) observaram sensíveis reduções de rendimento de lavouras de milho provocados por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura.

Existem diferentes métodos de avaliar o efeito fitotóxico dos herbicidas. De acordo com a European Weed Research Council -EWRC (1964) e a Asociacion Latinoamericana de Malezas -ALAM (1974), a fitotoxicidade causada por um herbicida é avaliada através de uma escala logarítmica de 1 a 9, onde: 1= ausência de fitotoxicidade e, 9 = morte total da planta, sendo que a partir da nota 5 os prejuízos econômicos são evidentes. A Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBCPD (1995), emprega método de avaliação que utiliza uma escala conceitual alfabética (a, b, c, d, e), com descrição detalhada dos sintomas fitotóxicos verificados na cultura, com reduções na produtividade a partir do conceito c.

Deuber (1992) faz referência ao uso de 10 classes ou categorias, cada uma abrangendo dez partes de cem conforme descrito na Tabela 1. **Tabela 1.** Escala de notas de fitotoxidez

Classe	% de Dano	Dano
I	0 a 10	Nulo
II	11 a 20	Mínimo
III	21 a 30	Muito fraco
IV	31 a 40	Fraco
V	41 a 50	Sensível
VI	51 a 60	Médio
VII	61 a 70	Intenso
VIII	71 a 80	Severo
IX	81 a 90	Muito severo
X	91 a 100	Total

1.5 Herbicida Nicossulfuron

O Nicosulfuron (2-((4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl) carbamoyl) amino} sulfonyl) - N, Ndimethylpyridine-3 carboxamide) é um herbicida sistêmico e seletivo para o milho, pertencente ao grupo das sulfoniluréias, sendo recomendado para aplicação em pós-emergência inicial para controlar poaceas anuais e algumas perenes, bem como certas daninhas dicotiledôneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Esse herbicida é classificado como classe toxicológica IV (pouco tóxico) e quanto à periculosidade ambiental é considerado classe III (produto perigoso ao meio ambiente).

O mecanismo de ação do nicosulfuron é baseado na inibição da Acetolactato Sintase (ALS), enzima essencial na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina) (TREZZI; VIDAL, 2001), sendo também um potente inibidor de divisão celular. Plantas susceptíveis a este herbicida tem seu crescimento inibido em poucas horas após a aplicação, mas os sintomas de injúrias surgem de uma a duas semanas após a aplicação. Os sintomas aparecem inicialmente nas folhas novas e se caracterizam por manchas estriadas de clorose com um ligeiro enrugamento nas bordas das mesmas, seguindo-se de uma clorose e necrose foliar generalizada (CAREY et al., 1997).

Os herbicidas inibidores da ALS impedem que esta reação de condensação aconteça, provocando, como consequência, o bloqueio da produção dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral. Quando o herbicida se encontra presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre a formação do acetolactato, indispensável para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos. A paralisação na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralisação do crescimento. A morte das plantas daninhas ocorre dentro de 7 a 21 dias, dependendo do estágio de desenvolvimento na época da aplicação (TREZZI; VIDAL, 2001).

A seletividade da cultura ao nicosulfuron deve-se à capacidade do milho de metabolizar o produto em compostos não-ativos. Cultivares tolerantes parecem metabolizar herbicidas sulfoniluréias mais rapidamente (GREEN; ULRICH, 1994). Há consideráveis evidências da tolerância diferencial de cultivares de milho aos herbicidas sulfoniluréias, em especial ao nicosulfuron (DAMIÃO FILHO et al., 1996; GREEN; ULRICH, 1994).

1.6. Herbicida Tembotrione

O tembotrione foi sintetizado em 1997 e lançado comercialmente nos anos de 2007/2008 na Áustria, Hungria, EUA e Brasil (TARARA et al., 2009). Esse herbicida

também surgiu como alternativa de controle de plantas daninhas resistentes aos herbicidas glyphosate, inibidores da ALS e dicamba (SCHULTE, KÖCHER, 2009).

Este herbicida é registrado para a cultura do milho para controle de várias espécies de plantas infestantes. O tembotrione (2- {2-Chloro-4-mesyl-3- [(trifluoroethoxy)methyl] benzoyl} cyclohexane-1,3 - dione), pertencente ao grupo químico das tricetonas, inibidores da enzima 4-hidroxifenilpiruvatodioxigenase (HPPD), que atuam na síntese de carotenoides desenvolvendo uma intensa coloração esbranquiçada nas folhas das plantas daninhas, evoluindo para uma seca e morte subsequente KARAM et al. (2009).

O tembotrione é móvel, tanto no simplasto (floema) como no apoplasto (xilema). Sua mobilidade no floema assegura que após uma aplicação o herbicida será distribuído no fluxo de assimilados para as partes em desenvolvimento, altamente suscetíveis, tais como os ápices caulinares (VAN ALMSICK et al., 2009).

Outro aspecto importante a ser observado é o baixo risco de contaminação apresentado pelo herbicida tembotrione. Avaliando o quociente de impacto ambiental (QIA) de diversos herbicidas, Karam et al. (2009) observaram que o tembotrione apresenta baixo risco de contaminação ambiental.

1.7. Referências bibliográficas

ABDIN, O. A.; ZHOU, X. M.; CLOUTIER, D.; COULMAN, D. C.; FARIS, M. A.; SMITH, D. L. Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). **European Journal of Agronomy**, v.12, p.93-102, 2000.

AKOBUNDU, I. O. **Weed science in the tropics: Principles and practices**. New York: John Wiley & Son's, 1987. 522p.

ALAM – Asociacion latino-americana de Malezas. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas**. Bogotá, v.1, p.35-38, 1974.

ANDERSON, W.P. **Weed Science Principles**. Minnessota: West Publishing Company, 1993. 655p.

ANDRADE, R.V. Importância e uso de banco de germoplasma para o melhoramento genético vegetal – milho. In: UDRY, C.V.; DUARTE, W. **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 79-84.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. São Paulo: Organização Andrei, 2005. 1141p.

ALMEIDA, A. C. L.; OLIVEIRA, E.; RESENDE, R. O. Fatores relacionados à incidência e disseminação do vírus do mosaico comum do milho. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, n.4, p.766-769, 2001.

ANTUNIASSI, U.R.; FURLANI J. A. Simulação econômica comparativa entre o controle químico e mecânico das plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.) semeado em janeiro. **Energia na Agricultura**, v.9, n.1, p.18-36. 1994.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 245-252, 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p.831-839, 2004.

BIANCHI, M. A. Manejo integrado de plantas daninhas. In: CAMPOS, B. C. (Coord.) **A cultura do milho em plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP: FECOTRIGO. 1998. p. 125-142.

BLANCO, H. G.; ARAÚJO, J. B. M.; OLIVEIRA, D. A. Estudo sobre a competição de plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.). IV – Determinação do período de competição. **Arquivo Instituto Biológico**, v. 43, n. 3/4, p. 105-14, 1976.

BLANCO, H. G. Base biológica para manejo de plantas daninhas na cultura do milho. **Arquivo Instituto Biológico**, v. 58, n. 1, p. 1-5, 1996.

BLANCO, H. G.; SANTOS, C. A. L. Plantas daninhas predominantes em áreas cultivadas com milho no Estado de São Paulo. **Biológico**, v. 54, n. 1/6, p. 1-7, 2012.

BLAZEWICZ WOZNIAK, M.; KONOPINSKI, M. The influence of intercrop plants and the date of their ploughing-in on weed infestation of root chicory (*Cichorium intybus* L.) var. *sativum* (Bisch) Janch. **Acta Agrobotanica**, v. 62, n. 1, p.137-146, 2012.

BLEASDALE, J. K. A. Studies on plant competition. In: HARPER, J. L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford: Backwell Scientific Publication, 1960. p. 133-142.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P.; GAVILANES, M. L. Principais plantas daninhas no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 8, n. 87, p. 18-26, 1982.

BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, J. R. S.; SCAPIM, C. A.; VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p.251-257, 2004.

BRITO, C.H.; SILVEIRA, D.L.; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. G. Redução de área foliar em milho em região tropical no Brasil e os efeitos em caracteres agronômicos. **Interciencia**, v. 36, n. 4, p. 291-295, 2011.

CAREY, J. B.; PENNER, D.; KELLS, J. J. Physiological basis for Nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science Society of America**, v. 45, n. 1, p. 22- 30, 1997.

CARVALHO, F. T.; PERUCHI, M.; PALAZZO, R. R. B. Eficácia de herbicidas no controle, em pós-emergência, de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, n. 3, p. 143-147, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MENDONÇA, C. G. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: Enfoque atual. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 60-95.

CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2018.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R.S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Informações Agrônomicas**, n.109, p. 14-15, 2005.

DAMIÃO FILHO, C. F.; MÔRO, F. V.; TAVEIRA, L. R. Respostas de híbridos de milho ao Nicosulfuron. I – Aspectos biológicos e da produção. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p.3-13, 1996.

DUARTE, N. F. **Determinação do período de competição de plantas daninhas fundamentado nos estádios fenológicos da cultura do milho (ZEA MAYS L.)**. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Milho: Importância Socioeconômica**. 2016. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 08 nov. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Milho e Sorgo (2006) Sistema de Produção**. Versão eletrônica – 2a edição. Disponível em: <http://www.sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/plantasdanhinhas.htm> Acesso em: 30 nov. 2008.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Milho**. 8 ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2012. (Sistema de produção, 1). Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_8ed/economia.htm. Acesso em 2014.

ESTORNINOS, L. E.; GEALY, D. R.; GBUR, E. E.; TALBERT, R. E.; MCCLLELAND, M. R. Rice and red rice interference. II. Rice response to population densities of three red rice (*Oryza sativa*) ecotypes. **Weed Science Society of America**, v. 53, n. 5, p. 683-689, 2005.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, n. 88, p. 88, 1964.

EVANS, S. P.; KNEZEVIC, S. Z.; LINDQUIST, J. L.; SHAPIRO, C. A.; BLANKENSHIP, E. E. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. **Weed Science**, v. 51, p. 408-417, 2003.

FAHAD, S.; HUSSAIN, S.; SAUD, S.; HASSAN, S.; MUHAMMAD, H.; SHAN, D.; CHEN, C.; WU, C.; XIONG, D.; KHAN, S. B.; JAN, A.; CUI, K.; HUANG, J.; ZWARGER, P. 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**, v. 54, n. 5, p. 475-483, 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: fisiologia da produção**. In: SEMINÁRIO SOBRE FISILOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE, 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 1996. p. 8-21.

FANCELLI, A. L.; OVEJERO LOPÉS, R.F.; DOURADO NETO, D.; VOCURCA, H.L. **Influência do uso de herbicidas no rendimento e nos componentes de produção de milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22, 1998. Recife. *Resumos...* 1998. p. 245.

FAO - Food and Agricultural Organization. **FAOSTAT data base for agriculture**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

FRANCO, G. V. Controle de plantas daninhas. **Correio Agrícola**, n. 1. p. 6-7, 2003.

GALON, L.; PINTO, J. J. O.; ROCHA, A. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; FRANÇA, A. C.; FERREIRA, F. A.; AGOSTINETTO, D.; PINHO, C. F. Períodos de interferência de *Brachiaria plantaginea* na cultura do milho na região sul do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 779-788, 2008.

GANTOLI, G.; AYALA, V. R.; GERHARDS, R. Determination of the critical period for weed control in corn. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 63-71, 2013.

GAZZIEIRO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; PRETE, C. E. C.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina - PR: Embrapa, 2001. (Embrapa soja. Circular técnica, 33). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459633/1/circtec33.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

GREEN, J. M., ULRICH, J. F. Response of maize (*Zea mays*) inbreds and hybrids to Nicosulfuron. **Pesticidas Science**, v. 40, p. 187-191, 1994.

HEEMST, H. D. G. The influence of weed competition on crop yield. **Agricultural Systems**, v. 18, n. 2, p. 81-93, 1986.

HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: *Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soils*. **West Lafayette**, Indiana: Purdue University, 2003, p. 344-365.

HIRATA, A. C. S.; DUARTE, A. P. ; DUARTE, R. C. R. M. Weeds in second corn crops in the period of transgenic soybean implantation in the middle paranapanema region. **Planta daninha**, v. 36, 2018.

HOLT, J.; LeBARON, H. M. Significance and distribution of herbicide resistance. **Weed Technology**, v.4, n. 1, p.141-149, 1990.

JELONKIEWICZ, M.; BOROWY, A. Growth and yield of cucumber under no-tillage cultivation using rye as a cover crop. **Acta Agrobotanica**, v. 62, n. 1, p. 147-153, 2009.

JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.; MATTHEWS, J. L. Effect of postemergence application rate and timing of mesotrione on corn (*Zea mays*) response and weed control. **Weed Technology**, v. 16, n. 2, p. 414-420, 2002.

KARAM, D.; GAMA, J. C. M. B. Radiografia dos herbicidas. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 10, n. 144, p. 24-27, 2008.

KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; FOLONI, L. L. Potencial de contaminação ambiental de herbicidas utilizados na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 3, p. 247-262, 2009.

KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; PEREIRA FILHO I. A.; MAGALHÃES, P. C. **Características do tembotrione na cultura do milho**. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 129). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/658664/caracteristicas-do-herbicida-tembotrione-na-cultura-do-milho>>. Acesso em: 17 ago 2018.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. Plantas Daninhas. In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

KEELEY, P. E., THULLEN, R. J. Light requirements of yellow nutseage and lightint e reception by crops. **Weed Science**, v. 26, n. 1, p. 10-6, 1978.

KEULEN, H.V.; PENNING DE VRIES, F.W.T.; DRESS, E.M. A summary model for crop growth. In: PENNING DE VRIES, F.W.T.; VAN LAAR, H. H. (Ed). **Simulation of plant growth and crop production**. Wageningen: Pudoc, 1982. p. 87-97.

KIEC, J.; WIECZOREK, D. Badania nad przydatnoscia wyciagow i wywarow roslinnych do zwalczania komosy bialej [The research on the usefulness of plant extracts and

decoctions to fight the white goosefoot]. **Progress in Plant Protection**, v. 49, n. 1, p. 371-377, 2009.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

KOMOROWSKA, A.; WRZESINSKA, E.; BOCHYNSKI, P. Allelopathic potential of water extracts from weeds towards plowers of the winter wheat and the rye. **Folia Pomeraniae Universitatis Technologiae Stetinensis seria Agricultura, Alimentaria Piscaria et Zootechnica**, v. 23, p. 43-52, 2012.

LIEBL, R. A.; NORMAN, M. A. Mechanism of clomazone selectivity in corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 329-332, 1991.

LÓPEZ, O. R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADO, N. D.; GARCÍA, Y G. A. E; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 413-419, 2003.

LORENZI, H.; BRUNELLI, N. V.; OLIVEIRA, J. E. Estudo do efeito do herbicida oxifluorfen, aplicado em pré-emergência, sobre o crescimento e produtividade da cana-de-açúcar. cv. SP 71-6163. **Revista Stab**, v. 12, n. 4, p. 25-26, 1994.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

MACAK, M.; ZAK, S.; DJALOVIC, I.; SZOMBATHOVA, N. The influence of an ecological and low input systems on weed density, weed diversity and weed competition on spring barley. **Journal of Plant Diseases and Protention**, v. 21, p. 425-430, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas -MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

MOREIRA, J. G. **Seletividade de herbicidas a genótipos de milho de pipoca (ZEA MAYS L.)**. 2007. 47 f. Monografia - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007.

MÔRO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. F. Alterações morfoanatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de Nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas- MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 22). Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2018.

MELHORANÇA, A. L. **Seletividade dos herbicidas Diclosulam, Flumetsulam e Cloransulam em diversas cultivares de soja.** In: REUNIÃO DE PESQUISADORES EM CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NOS CERRADOS, 12., 1999. Corumbá – MS. *Atas e Anais...* Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1999. p. 15-18.

MENEZES, V. G.; ANGHIONI, I.; SILVA, P. R. F.; MACEDO, V. R. M.; PETRY, C.; GROHS, D. S.; FREITAS, T. F. S.; VALENTE, L. A. L. Projeto 10 - Estratégias de manejo para aumento da produtividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul: avanços e novos desafios. **IRGA**, 2012.

MIRANDA, E. J. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiro.** Campina Grande- PB: Embrapa Algodão, 2010. (Embrapa algodão. Circular técnica, 131). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767789/manejo-integradode-pragas-do-algodoeiro-no-Cerrado-brasileiro.pdf/a9c122a3-6d07-44b4-a281-6c50682c31bd>>. Acesso em: 10 out. 2018.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*ZEA MAYS L.*) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo.** 2004. 42f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. 2004.

OLIVEIRA, M. F. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo.** Guaíba: Agropecuaria, 2001. p. 315-355.

OLIVEIRA, J. R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo das plantas daninhas.** Curitiba: Ompipax Editora, 2011. 348p.

PEIXOTO, C. M.; RAMOS, A. A. Herbicidas em milho. **Cultivar**, v. 4, n. 42, p. 30-32, 2002.

PINTO, J. J. O.; ALMEIDA, R.; HASSMANN, J. S. **Avaliação do herbicida Nicosulfuron aplicado em pós-emergência na cultura de milho.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. *Resumos...* Londrina: IAPAR, 1993. p. 152.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J.C. **Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. *Resumos...* Belo Horizonte: SBHED, 1984, p. 37.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. **Weed ecology: implications for vegetation management.** New York: John Wiley & Sons, 1984. 263p.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management.** New York: Wiley, 1997. 588p.

RAJCAN, L.; SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, v. 71, n. 2, p. 139-150, 2000.

RAJCAN, I.; SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, v. 71, n. 2, p. 139-150, 2001.

RAMOS, L. R. M. **Efeito de períodos de convivência da comunidade infestante sobre o crescimento, nutrição mineral e produtividade da cultura do milho (ZEA MAYS L.)**. 1992. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Revisado e adaptado por: VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba - Potafós. (Arquivo do agrônomo. Encarte de informação agrônômicas, 15). 2003.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p.

RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; MICHELLE, B. C. **Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo**. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 571-594.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas**. 5 ed. Londrina: Embrapa Soja/CNPSO, 2005. 591p.

RUBIM, B. Herbicide resistance in weeds and crops, progress and prospects. In: CASELEY, J.C.; CUSSANS, G.W.; ATKIN, R.K. **Herbicide resistance in weeds and crops**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 387-414.

SAWICKI, R.M. Definition, detection and documentation of insecticide resistance. In: FORD, M. G.; HOLLOMAN, D. W.; KHAMBAY, B. P. S.; SAWICKI, R. M. **Combating resistance to xenobiotics: biological and chemical approaches**. Chichester: Ell is Horwood, 1987. p. 105-117.

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

SCHULTE, W.; KOCHER, H. Tembotrione and combination partner isoxadifen-ethyl - mode of herbicidal action. **Bayer Crop Science Journal**, v. 62, n. 1, p. 35-52, 2009.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 381-390, 2004.

SHUKLA, D. D.; WARD, C. W., BRUNT, A. A. The Potyviridae. Cambridge: CAB Internacional, 1994. 516 p.

SILVA, F. M. L.; ABREU, M. L.; BRACHTVOGEL, E. L.; CURCELLI, F.; GIMENES, M. J.; LARA, A. C. C. Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 61-72, 2009.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I – Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; VARGAS, L. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola superior. 1999. 260p.

SILVA, A. A.; MELHORANÇA, A. L. **Controle de plantas daninhas na cultura do milho**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste – EUPAE. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 20).

SOARES, F.C.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; PARIZI, A.R.C.; RAMAO, C.J.; VIVAN, G.A. Resposta da Produtividade de híbrido de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, v. 15, n. 1, p. 36-50, 2010.

SOUZA, I. F. **Plantas daninhas: Manejo integrado e ação de herbicidas**. Lavras: UFLA, 2002. 66 p.

SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de Produção do milho**. 20 ed. Viçosa: UFV, 2004. p. 13-53.

SOUZA, L. C. F.; CRUZ, J. C.; RAMALHO, A. P.; SALVADOR, N.; SILVA, J. B. Efeito da antecedência da gradagem ao plantio do milho no controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 11, p. 789-93, 1996.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 30-34, 2015.

SWATON, C. J.; WEISE, S. F. Integrated Weed Management: The rationale and approach. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 657-663, 1991.

TARARA, G.; FLIEGE, R.; KLEY, C.; PETERS, B. Environmental fate of tembotrione. **Bayer CropScience Journal**. v. 62, p. 63-78, 2009.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p. 25-36.

TOLLENAAR, M.; DIBO, A. A.; AGUILERA, A.; WEISE, S. F.; SWANTON, C. J. Effect of crop density on weed interference in maize. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 4, p. 591-595, 1994.

TURSUN, N.; DATTA, A.; BUDAK, S.; KANTARCI, Z., KNEZEVIC, S. Z. Row spacing impacts the critical period for weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Phytoparasitica**, v. 44, n. 1, p. 139-149, 2015.

TURSUN, N.; DATTA, A.; TUNCEL, E.; KANTARCI, Z.; KNEZEVIC, S. Z. Nitrogen application influenced the critical period for weed control in cotton. **Crop Protection**, v. 74, p. 85-91, 2015.

VAN, A. A.; BENET, B. J.; OLENIK, B.; WILLMS, L. Tembotrione, a new exceptionally safe cross-spectrum herbicide for corn production. **Bayer CropScience Journal**, v. 62, n. 1, p. 5-15, 2009.

VAN-DER, W. R.Y.; BLEEKER, P. O.; ACHTEN, V. T. J. M.; LOTZ, L.; FOGELBERG, F.; MELANDER, B. Innovation in mechanical weed control in crop rows. **Weed Research**, v. 48, n. 3, p. 215-224, 2009.

VELINI, E. D. Interferências entre plantas daninhas e cultivadas. In: KOGAN, M.; LIRA, V. J. E. Avances en manejo de malezas en la producción agrícola y florestal. Santiago del Chile: PUC/ALAM, 1992. p. 41-58.

VELINI, E. D.; FREDERICO, L. A.; MORELLI, J. L.; MARUBAIASHI, O. M. Avaliações dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de canade-açúcar (*Saccharum officinarum*) cv. SP 71-1406. **Revista Stab**, v. 10, n. 4, p. 13-16, 1992.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R. A. Vidal, 1997. 165 p.

WICKS, G. A.; NORDQUIST, P. T.; BAENZIGER, P. S.; KLEIN, R. N.; HAMMONS, R. H.; WATKINS, J. E. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. **Weed Technol**, v. 18, n. 4, p. 988-998, 2004.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de métodos e épocas de controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 143-150, 2000.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of Weed Science**. 3 ed. Burlington: Academic Press, 2007. 688p.

CAPÍTULO 2. TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO IAC AO NICOSULFURON E TEMBOTRIONE

RESUMO: O presente trabalho teve objetivo avaliar a tolerância dos cultivares de milho IAC 8390, IAC 8333 e IAC Airan aos herbicidas Nicosulfuron e tembotrione. Os experimentos foram instalados em uma área experimental no Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais – Votuporanga-SP, conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, em arranjo fatorial 4 x 3 x 2, sendo o primeiro fator constituído por doses dos herbicidas: Nicosulfuron (0; 30; 60 e 120 ig.a.ha⁻¹) no primeiro ensaio e tembotrione (0; 50, 4; 100,8 e 201,6 ig.a. ha⁻¹) no segundo ensaio, e o segundo por cultivares de milho, o terceiro fator em estádios fenológicos das plantas (V3 e V6). Após a aplicação dos herbicidas foi avaliada os sintomas de fitotoxicidade, altura de plantas, a população final de plantas, massa de 100 grãos, índice de espigas e produtividade de grãos. Nas condições em que o trabalho foi realizado, verificou que o herbicida Nicosulfuron interfere no desenvolvimento e produtividade dos cultivares de milho IAC 8333 e IAC Airan, em função das doses e época de aplicação do herbicida. O IAC 8390 apresenta maior tolerância ao Nicosulfuron, podendo este ser utilizado na cultura do milho sem prejuízos à cultura. O Nicosulfuron não deve ser utilizado para o manejo de plantas daninhas nos cultivares IAC Airan e IAC 8333. O aumento das doses potencializa o efeito fitotóxico do herbicida. O tembotrione apresenta baixa fitotoxicidade aos cultivares de milho IAC 8390, IAC Airan e IAC 8333, independentemente da dose ou época de aplicação em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura (V3 ou V6).

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, seletividade, herbicidas.

ABSTRACT: The present work had the objective to evaluate the tolerance of corn cultivars IAC 8390, IAC 8333 and IAC Airan to the herbicides Nicosulfuron and tembotrione. The experiments were carried out in an experimental area at the Center of Rubber and Agroforeal Systems - Votuporanga-SP, conducted in a randomized block design, with five replications, in a factorial arrangement 4 x 3 x 2, the first factor consisting of maize cultivars, the second by doses of the herbicide: Nicosulfuron (0, 30, 60 and 120 ig.a.ha⁻¹) and tembotrione (0, 50, 4, 100.8 and 201.6 ig.a. ha⁻¹), the third factor in plant phenological stages (V3 and V6). After herbicide application, phytotoxicity, plant height, final plant population, 100 grain mass, ear index and grain yield were evaluated. Under the conditions under which the work was carried

out, it was concluded that the herbicide Nicosulfuron interfered in the development and productivity of corn cultivars IAC 8390, IAC 8333 and IAC Airan, depending on the herbicide rates and application time. The IAC 8390 presented greater tolerance to Nicosulfuron, and its application in the V6 stage is recommended, without damage to the culture. Nicosulfuron should not be used for weed management in IAC Airan and IAC 8333 cultivars. IAC Airan showed a high phytotoxic effect of the herbicide, with a reduction in productivity. Increasing the doses potentiated the phytotoxic effect of the herbicide. Tembotrione presented low phytotoxicity to corn cultivars IAC 8390, IAC Airan and IAC 8333, irrespective of the dose or time of application in relation to the stage of development of the crop (V3 or V6). There was no interference in grain yield. **Key-words:** *Zea mays*, selectivity, herbicides.

2.1. INTRODUÇÃO

O nível tecnológico da cultura do milho apresenta melhoria significativa ano após ano, com ganhos de produtividade nas principais regiões produtoras. Os aumentos de produtividade da cultura resulta dos esforços da pesquisa agrônômica em diferentes áreas tais como genética e melhoramento, adubação e calagem, práticas culturais, controle de pragas, doenças e plantas daninhas e pesquisas biológicas básicas ao longo dos últimos 60 anos. Apesar da existência de híbridos com alto potencial produtivo, este potencial muitas vezes deixa de ser expressado devido a fatores, como por exemplo, o emprego de técnicas de manejo de herbicidas não adequadas e que, talvez, só sejam percebidos no momento da colheita, quando o produtor questiona os resultados de produtividade (FANCELLI E DOURADO NETO, 2000).

Para atender o alto nível tecnológico empregado pelo agricultor brasileiro há predominância de cultivares de híbridos simples disponíveis no mercado. Segundo CRUZ et al. (2013) 56,15% dos cultivares disponíveis no mercado são híbridos simples, seguido por 18,6% de híbridos triplos, 13,56% de híbridos duplos e as variedades completam as opções de mercado com 11,68%. Não menos importante que os demais tipos de cultivares, as variedades atendem um nicho de mercado que requer sementes de baixo custo em relação aos híbridos, associado ao fato de que é possível de ser reutilizar as sementes por alguns anos, sem redução significativa na produtividade de grãos. Este tipo de cultivar é de grande importância em regiões onde a utilização de sementes torna-se

mais inviável devido às condições econômicas e econômicas-sociais, mais precárias e, conseqüentemente, uso de baixa tecnologia na cultura do milho (EMBRAPA, 2015).

O controle de plantas daninhas é uma prática de grande importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola. A interferência das plantas daninhas tende a aumentar o custo de produção, reduzir as margens de lucro e diminuir a qualidade do produto (CONSTANTIN e OLIVEIRA, 2005). Embora considerada uma planta de rápido crescimento, a cultura do milho sofre intensa interferência dessas plantas, com queda expressiva de produtividade de grãos (KOZLOWSKI, 2002; BLANCO et al., 1976). Desse modo, o uso de herbicidas é necessário para exploração econômica de grandes áreas de cultivo e, muitas vezes também, em pequenas áreas, devido à escassez e o custo da mão-de-obra no meio rural.

Os herbicidas Nicosulfuron e tembotrione são amplamente utilizados na cultura do milho no Brasil com boa eficiência de controle de plantas daninhas. Todavia, existe uma grande diferença de tolerância de híbridos de milho aos herbicidas pós emergentes, podendo ser elevada para alguns e reduzida para outros, especialmente do Nicosulfuron. Em muitos casos, híbridos considerados tolerantes a esses herbicidas podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON e HARVEY, 1992; GUBBIGA et al., 1995).

O Nicosulfuron 2-(4,6-dimetoxipirimidina-2-il-cabamoilsulfamoil) – N, N-imetilnicotinamida, do grupo químico das sulfoniluréias, é um herbicida sistêmico que se destaca dentre os principais pós-emergentes utilizados na cultura do milho, sendo usado principalmente no controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas (RODRIGUES E ALMEIDA, 2011). Os herbicidas desse grupo inibem a acetolactato (ALS), a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, leucina, valina e isoleucina, em plantas e microorganismos (ANDERSON et al., 1998).

A tolerância das cultivares de milho ao herbicida Nicosulfuron é dependente do estágio fenológico no momento da aplicação, da dose utilizada, do intervalo entre a aplicação do herbicida e a do inseticida organofosforado, ou da adubação nitrogenada de cobertura (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003).

Cavalieri et al., (2008), avaliando a tolerância de híbridos de milho ao Nicosulfuron verificaram redução na produtividade de grãos do híbrido B761. Esse híbrido, particularmente na dose 60 g.i ha⁻¹, apresentou os maiores índices de fitointoxicação em relação aos demais, a redução na altura de plantas se prolongou até a

última avaliação aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas e a redução do número de espigas por hectare. Esses fatores resultaram na redução de 17,4% da produtividade de grãos. Em outros estudos foram observados diferenças de tolerância do milho ao Nicosulfuron em função do cultivar, estágio de aplicação e doses dos herbicidas (MCMULLAN e BLACKSHAW, 1995; BUZATTI, 2000; SPADER e VIDAL, 2001).

Já o herbicida tembotrione (2-{2-Chloro-4-mesy1-3- [(trifluoroethoxy)methyl] benzoyl}cyclohexane-1,3-dione), pertence ao grupo químico das tricetonas, inibidores da enzima 4-hidroxifenilpiruvatodioxigenase (HPPD) que atua na síntese de carotenoides desenvolvendo uma intensa coloração esbranquiçada nas folhas das plantas daninhas, evoluindo para uma seca e morte subsequente, foi registrado para uso em vários tipos de milho, incluindo produção de grãos, produção de sementes, milho pipoca e milho doce. (GROSSMANN e EHRHARDT, 2007). Sendo assim, o mesmo pode ser uma ferramenta importante no manejo de plantas daninhas, quando rotacionado com herbicidas de mecanismos de ação diferentes. Eficiência de controle de várias espécies daninhas dicotiledôneas e de gramíneas na cultura do milho (WILLIANS e PATAKY, 2008).

Diferentemente ao Nicosulfuron no qual a resposta dos híbridos à aplicação do herbicida é bastante variável (CAVALIERI et al., 2008), o tembotrione tem sido altamente seletivo as cultivares de milho (SPADER et al., 2008; KARAM et al., 2009; MAÇARES et al., 2018). Ademais, este herbicida não exige manejo especial em relação à adubação com ureia em cobertura para a cultura do milho (DAN et al., 2009). Entretanto, segundo SCHUELTER et al., (2018) a aplicação desse herbicida em campos de linhagens e de populações segregantes, obtidas a partir de alguns cruzamentos com genótipos tolerantes, tem revelado o aparecimento de sintomas de fitotoxicidade, indicando a existência de fatores genéticos que conferem sensibilidade ao nicosulfuron e tembotrione. FANCELLI et al. (1998) observaram sensíveis reduções de rendimento de lavouras de milho provocados por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura.

Neste contexto, o uso de herbicida torna-se mais preocupante quando se utiliza variedades de polinização aberta ou híbridos intervarietais, uma vez que é da natureza dessa cultivar maior variabilidade e desuniformidade entre as plantas de uma lavoura, podendo desse modo afetar essas cultivares em maior magnitude e, até mesmo, inviabilizar o uso dessas moléculas no manejo de plantas daninhas na cultura. Diante do exposto, este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar a tolerância dos cultivares de

milho IAC 8390, IAC 8333 e IAC Airan a aplicação dos herbicidas Nicosulfuron e tembotrione.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho eutrófico, B textural, câmbico, textura média, profundo e com boa drenagem, em área experimental do Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais/IAC - Votuporanga, São Paulo. A análise química apresentou matéria orgânica = 19 g dm^{-3} , pH em $\text{CaCl}_2 = 5$; $\text{P}_{\text{resina}} = 55 \text{ mg dm}^{-3}$ e 2; 21; 5 e 18 mmol dm^{-3} , respectivamente de K, Ca^{+2} , Mg^{+2} e H+Al.

A área experimental foi cultivada anteriormente com milheto, sendo dessecado quimicamente aos 20 dias antes da semeadura do milho, com $1080,0 \text{ gi.a. ha}^{-1}$ de glyphosate. As plantas daninhas que surgiram durante o ciclo da cultura do milho foram eliminadas por capina manual.

A semeadura foi realizada em sistema de semeadura direta no verão, imediatamente antes da sua realização, foram formados sulcos espaçados de 0,80 m entre si, utilizando uma semeadora, os quais receberam o equivalente a 330 kg ha^{-1} do adubo formulado 08-20-20. Nesses sulcos foi realizada a semeadura, utilizando matraca experimental posicionando duas sementes por ponto, a uma profundidade de 2-3 cm, totalizando 25 plantas por linha de 5 m de comprimento, para obtenção de uma população de 62.500 plantas por hectare. A população foi ajustada com desbaste realizado aos sete dias após a emergência da cultura (DAE).

Foram conduzidos dois ensaios experimentais em delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições, em esquema fatorial $4 \times 3 \times 2$. Assim, o ensaio 1 foi composto por quatro doses do herbicida Nicosulfuron (0; 30; 60 e 120 ig.a.ha^{-1}). O ensaio 2 foi composto por quatro doses do herbicida tembotrione (0; 50,4; 100,8 e $201,6 \text{ ig.a.ha}^{-1}$). Ambos ensaios foram compostos por três cultivares de milho (dois híbridos intervarietal IAC 8390 e IAC 8333 e a variedade IAC Airan), com herbicida aplicado em dois estádios de desenvolvimento da cultura (V3 – três folhas desenvolvidas e V6 – seis folhas desenvolvidas).

Cada unidade experimental foi constituída por seis linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil de cada parcela composta por duas linhas centrais. A emergência das plântulas de milho ocorreu cinco dias após a semeadura.

Ademais, a adubação de cobertura, com 80 kg de N ha⁻¹ na forma de sulfato de amônio foi realizada aos sete dias após a aplicação dos tratamentos herbicidas. Assim, foi observado o intervalo de sete dias entre a adubação de cobertura nitrogenada e a aplicação dos herbicidas e não foi utilizado o inseticida organofosforado para controle da lagarta-do-cartucho.

Para aplicação dos tratamentos utilizou-se pulverizador costal pressurizado com CO₂, com pressão constante de 250 kPa, equipado com barras de duas pontas tipo leque TT11002, com volume de 150 L ha⁻¹ de calda.

As condições no momento da aplicação dos herbicidas foram de céu claro, velocidade do vento inferior a 5 km h⁻¹, solo úmido, temperatura do ar de 27 °C e umidade relativa do ar de 63%.

Na Figura 1A e 1B estão representados dos dados de precipitação, temperatura mínima e máxima registrado durante o ciclo da cultura.

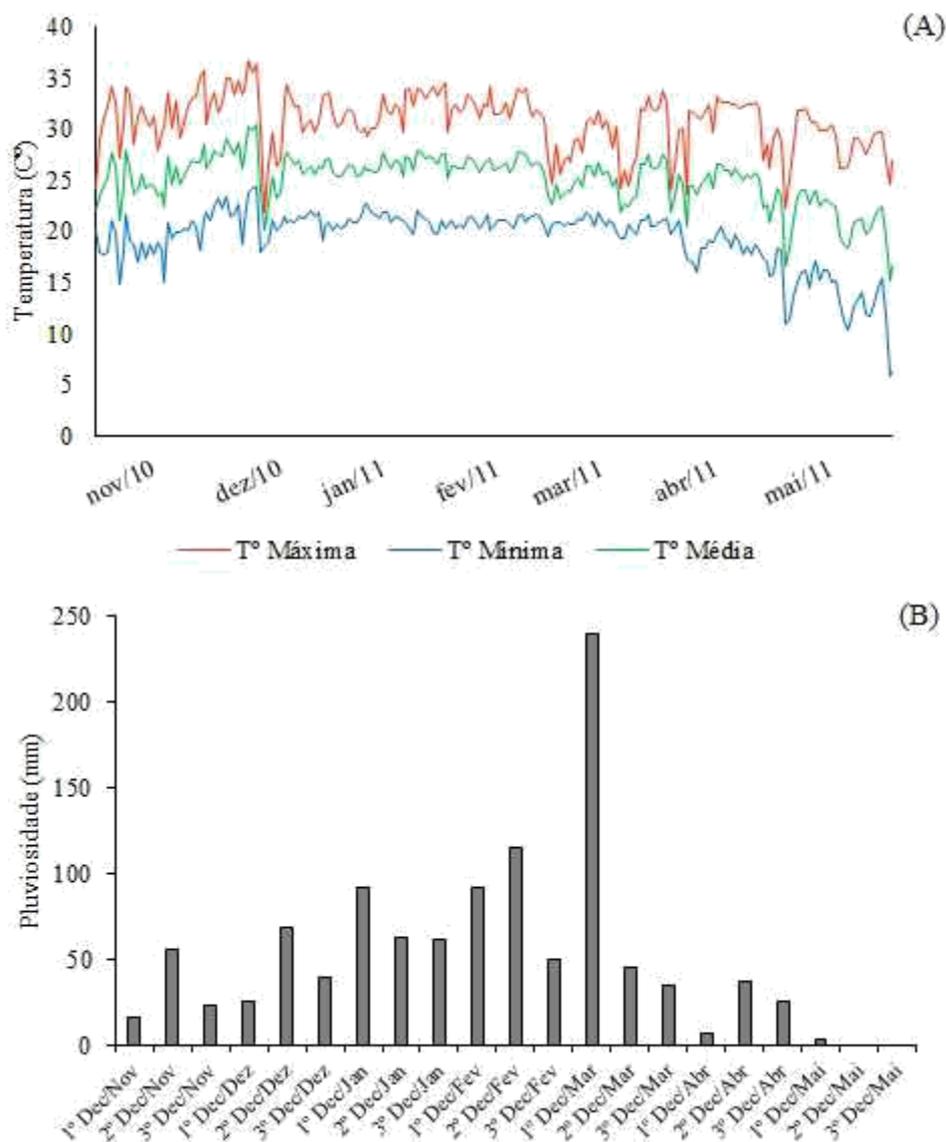


Figura 1 – Temperatura máxima, média e mínima (A) e pluviosidade decenal (B) durante o período de condução do experimento, Votuporanga, SP (CIAGRO).

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas por meio de notas de acordo com os sintomas visuais causados pelos herbicidas nas plantas, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Valores de 0 a 100% foram atribuídos em função da intensidade dos sintomas, sendo 0 a ausência de sintomas e 100% a morte da parte aérea da planta. Esses valores foram sempre tomados em comparação com o tratamento testemunha, sem aplicação de herbicidas (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995). Sendo os resultados apresentados com seus respectivos erro padrão.

Na colheita foram avaliadas a população de plantas (pl ha^{-1}), altura de planta (medida do nível do solo até o final da inflorescência masculina - pendão) e altura de

espiga (medida do nível do solo até a inserção da espiga) (cm) obtida em 10 plantas por parcela, massa de 100 grãos (g), rendimento de espigas (porcentagem de grãos (m/m) em relação às brácteas e sabugo) e a produtividade de grãos (kg ha^{-1}), com umidade corrigida para 13%.

Como os cultivares possuem diferentes potenciais produtivos, os dados foram transformados em porcentagem em relação à testemunha para comparação dos cultivares. Contudo, apenas na Tabela 1 os dados utilizados das três cultivares não foram transformados para porcentagem, sendo os mesmos obtidos pelas testemunhas sem aplicação de herbicidas, utilizando 10 repetições de cada cultivar para a análise. Essa Tabela tem objetivo de demonstrar que as cultivares apresentaram desenvolvimento normal representado pelos parâmetros agrônômicos avaliados e pela produtividade alcançada.

Os dados foram submetidos à análise de variância e se fez o desdobramento das interações; em seguida, procedeu-se ao teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão. Os modelos de regressão foram escolhidos em função da significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, do coeficiente de determinação e do significado biológico.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Caracterização dos ensaios

De modo geral os ensaios apresentaram desenvolvimento das plantas de acordo com o potencial genético dos cultivares (IAC, 2019), indicando que o ensaio foram conduzidos em condições apropriadas para o desenvolvimento das plantas (Tabela 2).

Nesta tabela também verifica-se que os cultivares IAC 8390 e IAC 8333 foram os mais produtivos com produtividade superior a 8 t ha^{-1} .

Tabela 2 - Médias de altura de planta (ALTP), altura de inserção da espiga (ALTE), rendimento de espiga (REDE), população de plantas (POP), índice de espigas (INDE), massa de cem grãos (M100), peso do hectolitro (PH) e produtividade de grãos (PRODG), das testemunhas para caracterização de três cultivares de milho. Votuporanga-SP, 2019.

Cultivar	ALTP -----cm-----	ALTE	REDE	POP Plantas ha^{-1}	INDE	M100 -----g ⁻¹ -----	PH	PROD Kg. ha^{-1}
IAC 8390	231,6 a	116,7 a	76,27 a	62500 a	0,97 ab	31,94 a	772,5 a	8323a
IAC Airan	219,1 b	113,0 a	72,46 b	58906 a	0,95 b	32,66 a	769,5 a	6384 b
IAC 8333	215,1 b	104,9 b	75,91 a	62188 a	0,99 a	32,27 a	766,5 a	8040 a
C.V. (%)	4,39	6,44	1,31	8,09	3,16	3,92	1,40	10,68

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3.2. Ensaio 1

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da análise de variância destacando os efeitos tratamentos com as interações.

De modo geral, verifica-se que ocorreram efeitos de cultivar para maioria das variáveis, exceto o Ph; estágio de desenvolvimento das plantas afetou as variáveis população de plantas (POP) e produtividade de grãos (PRODG); o efeito de doses do herbicida para afetou as variáveis altura de plantas (ALT), altura de espiga (ALTE), rendimento de espiga (REDE), população de plantas (POP), peso hectolitro (Ph) e produtividade de grãos (PRODG).

Também foi identificada interação entre estágio das plantas e cultivar para rendimento de espiga; interação entre dose e cultivar para maioria das variáveis com exceção da massa de 100 grãos (M100) e Ph; e interação entre dose do herbicida e estágio da cultura para ALT, POP e PRODG. A interação tripla ocorreu apenas para a variável POP.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das características agrônômicas de três cultivares de milho, submetidas a doses do herbicida Nicosulfuron em dois estádios de desenvolvimento das plantas. Dados transformados para porcentagem em relação a testemunha.

Quadrado Médio									
FV	GL	ALP	ALTE	REDE	POP	INDE	M100	Ph	PRODG
Bloco	4	243,1**	173,3**	14,2**	181,9**	133,9**	341,4**	50,4**	281,2**
Cultivar (C)	2	344,7**	909,7**	169,2**	598,1**	303,1**	155,5**	2,8	3905,9**
Época (E)	1	62,1	14,7	0,2	308,0**	70,8	0,1	0,1	999,5**
Dose (D)	3	133,5**	327,5**	23,1**	452,4**	21,0	3,5	8,0**	1838,4**
E x C	2	21,9	161,5*	0,3	22,9	20,6	29,4	0,05	22,2
D x C	6	45,7*	115,9**	25,3**	96,9**	47,1*	23,4	1,5	508,5**
D x E	3	48,8*	53,8	3,6	83,7*	70,6*	25,3	0,02	189,4*
C x E x D	6	9,7	29,5	3,9	68,8*	10,6	12,6	0,3	73,1
Resíduo	92	17,7	37,3	4,6	30,4	20,2	18,7	1,9	54,7
C.V. (%)		4,31	6,32	2,16	5,80	4,52	4,34	1,38	8,19

*, **Significativo ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$).

Já os efeitos de sintomas de fitotoxicidade visual foram variáveis conforme apresentados nas Figuras 2 e 3. De modo geral, as plantas apresentaram clorose, enrugamento das folhas mais novas, ou seja, das folhas centrais, produzindo aspecto amarelado do cartucho da planta, aos 7 DAA (dias após a aplicação). Neste sentido, com o desenvolvimento das plantas e a expansão das lâminas foliares, os sintomas ficaram localizados na parte central da lâmina em forma de manchas irregulares.

Ademais, na Figura 2 verificou-se que todas os cultivares apresentaram sintomas e que estes foram intensificados com a elevação das doses do herbicida. Contudo, o

cultivar IAC 8390 (Figura 2 A), além de apresentar níveis menores de sintomas com notas de no máximo 60% para maior dose ($120 \text{ g i.a.ha}^{-1}$), considerado o dobro da dose para controle de plantas daninhas na cultura do milho, as plantas deste cultivar recuperaram mais rapidamente, com 20% de fitotoxicidade aos 28 DAA para maior dose do herbicida. Os cultivares IAC Airan e no IAC 8333 a toxicidade neste período ainda permanecia em torno de 65% e 40%, respectivamente.

Nas maiores doses do herbicida ocorreu o estrangulamento e enrolamento das extremidades das folhas. Em algumas plantas da variedade IAC Airan e na cultivar IAC 8333 foram observados sintomas mais severos que resultaram em morte de algumas plantas. Isso demonstra que na constituição desses cultivares existem linhagens com maior sensibilidade aos herbicidas. Desse modo, é possível melhorar a resistência desses materiais aos herbicidas fazendo seleção negativa após a aplicação do Nicosulfuron.

As diferentes taxas de metabolização dos herbicidas sulfoniluréias pelas plantas, bem como a velocidade de absorção e de translocação definem a seletividade dos herbicidas do grupo sulfoniluréias para culturas (OBRIGAWITCH et al., 1990; CAREY et al., 1997). Neste sentido, espécies tolerantes detoxificam rapidamente esses herbicidas, transformando-os e compostos não fitotóxicos pela ação do fitocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação (FONNEPFISTER et al., 1990).

Quando o herbicida foi aplicado no estágio V V6, verificou-se a ocorrência de sintomas (Figura 3) em menor intensidade quando comparado com as plantas que receberam o herbicida em V3 (Figura 2). Novamente a cultivar IAC 8390 apresentou menores níveis de sintomas de fitotoxicidade (40%), para maior dose utilizada, e recuperação mais rápida, com sintomas de fitotoxicidade em torno de 20%, aos 21 DAA. Quando foi utilizada a dose de 1500 ml ha^{-1} do p.c. ($60 \text{ g do i.a. ha}^{-1}$) está cultivar apresentou sintomas muito leves de fitointoxicação, em torno de 15% aos 14 e 21 DAA. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Freitas et. al (2010), quando níveis muito baixos de fitotoxicidade foram observados para o herbicida Nicosulfuron até a dose de $1500 \text{ ml do p.c. ha}^{-1}$. Fatores como ambiente de produção e estágio de desenvolvimento na época da aplicação do herbicida podem explicar esses resultados.

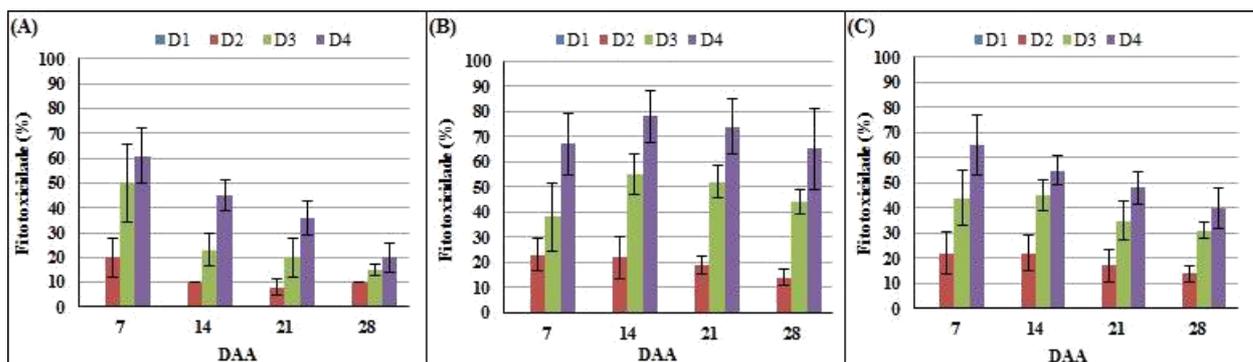


Figura 2 - Fitotoxicidade de doses 0 (D1), 30 (D2), 60 (D3) e 120 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida nicossulfuron em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 após sua aplicação em V3, com seus respectivos erro padrão. Votuporanga-SP, 2019.

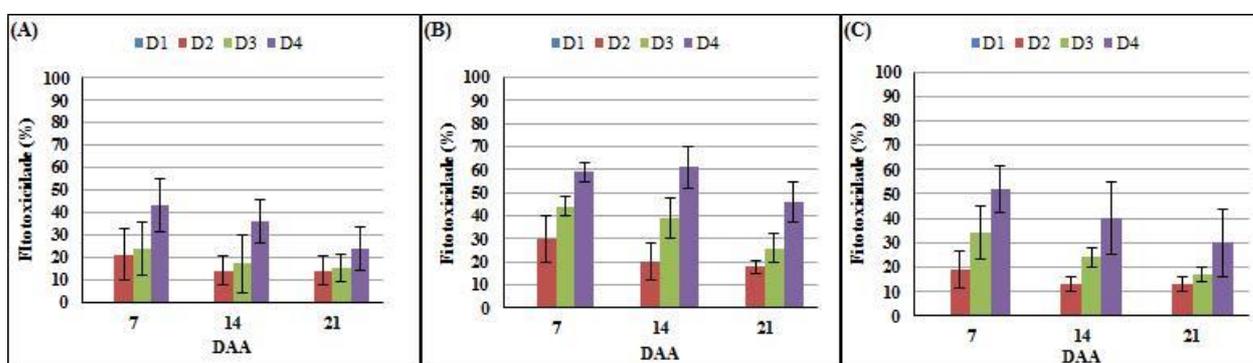


Figura 3 - Fitotoxicidade de doses 0 (D1), 30 (D2), 60 (D3) e 120 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida nicossulfuron em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14 e 21 após sua aplicação em V6, com seus respectivos erro padrão. Votuporanga-SP, 2019.

Segundo McMullan e Blackshaw (1995); Spader e Vidal (2001) na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta. Contudo, para os cultivares avaliados, os maiores níveis de fitoxidade foram observados quando o herbicida foi aspergido em V3. Todavia, Spader e Vidal (2001) verificaram que a tolerância dos híbridos de milho aos herbicidas pós-emergentes do grupo sulfoniluréias é muito variável e pode levar inclusive a morte de cultivares (MONKS et al., 1992). Desse modo, híbridos tidos como tolerantes a esses herbicidas podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON e HARVEY, 1992; GUBBIGA et al. 1995). Vale ressaltar que as cultivares estudadas naturalmente apresenta maior variabilidade e desuniformidade entre plantas, indicando que esses efeitos podem ser mais pronunciados.

Na Figura 4 está apresentado o desdobramento das interações para a variável altura de plantas. Os cultivares IAC Airan e IAC 8333 foram afetadas com redução da altura final das plantas pela aplicação do herbicida Nicosulfuron. Quando o herbicida foi aplicado nas plantas em V3, com três folhas expandidas, verificou-se relação linear negativa com o aumento da dose do herbicida para esses cultivares.

As plantas foram mais sensíveis quando aplicado no estágio mais precoce (V3), exceto o cultivar IAC 8390 que não apresentou redução na altura das plantas na colheita, independentemente da dose utilizada. É muito comum a redução da estatura das plantas após aplicação dos herbicidas. Contudo, também é comum a recuperação dos cultivares com maior tolerância por metabolização do herbicida em seus tecidos.

Cavaliere et al. (2008) verificaram redução na altura de plantas na dose 60 g i.a. ha⁻¹, aos 7 DAA para os híbridos B551, Ocepar 705, B 761 e AG 7000 e na avaliação feita aos 14 DAA apenas o híbrido B761 apresentou redução significativa da altura da planta. Esses resultados corroboram com os observados por Damião Filho et al. (1996) no qual a dose de 80 g i. a. ha⁻¹ de Nicosulfuron, causou redução na altura das plantas de milho dos híbridos AG 106, BR 201, 92 HD1QPM e CMS em avaliação realizada aos 47 dias após o plantio. Por ocasião do florescimento, o híbrido AG 106 diferiu para esta variável em relação à sua testemunha, ao contrário dos demais que recuperaram e igualaram as alturas dos seus respectivos controles.

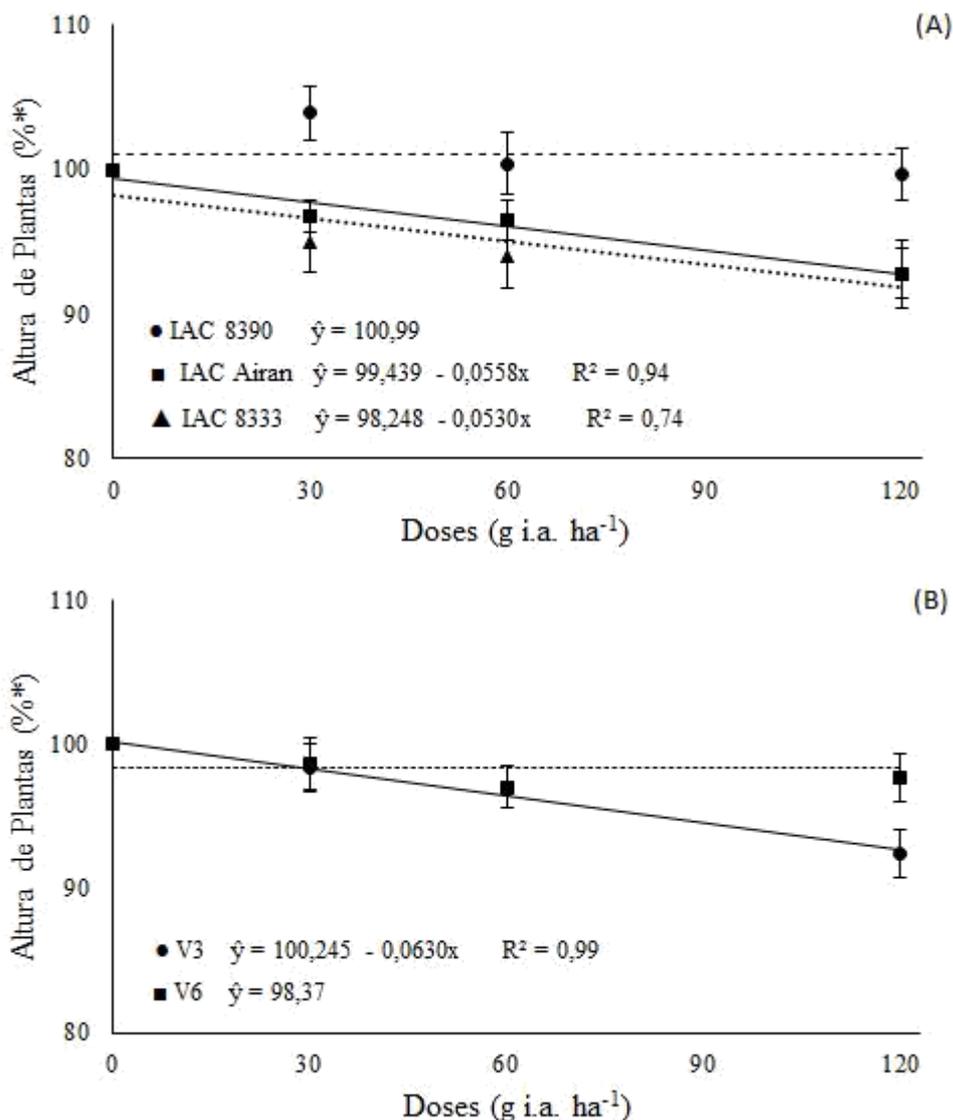


Figura 4 – Altura de plantas na colheita (* porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicossulfuron em três cultivares de milho (A) e em dois estádios de desenvolvimento da planta no momento da aplicação (B). Votuporanga-SP, 2019.

A variável rendimento de espiga, definida como a proporção de grãos em relação aos demais componentes da espiga (brácteas, sabugo) foi afetada negativamente pela utilização do herbicida apenas no cultivar IAC Airan nos dois estádios de aplicação do herbicida (Figura 5). Verificou-se também que o uso do herbicida promoveu redução do rendimento de espiga seguindo o modelo quadrático (Figura 5). Este fato está relacionado com a intensidade dos sintomas e extensão do período no qual estes foram observados, principalmente nas maiores doses.

Desse modo, a fitotoxicidade ocorreu em períodos nos quais ocorrem importantes eventos na planta de milho, que são a determinação do número de fileiras por espigas, que geralmente já está definido em V8, podendo estender até V12 dependendo do ciclo de crescimento da planta. A definição do número de óvulos ou grãos por fileiras também estará definido entre V9 e V12. Assim, o estresse causado pelo uso do herbicida constituiu o principal componente para redução no rendimento da espiga. Esta afirmativa apoia-se também no efeito dos tratamentos herbicidas na estatura das plantas de milho desse cultivar que não conseguiu sua plena recuperação durante o ciclo de cultivo.

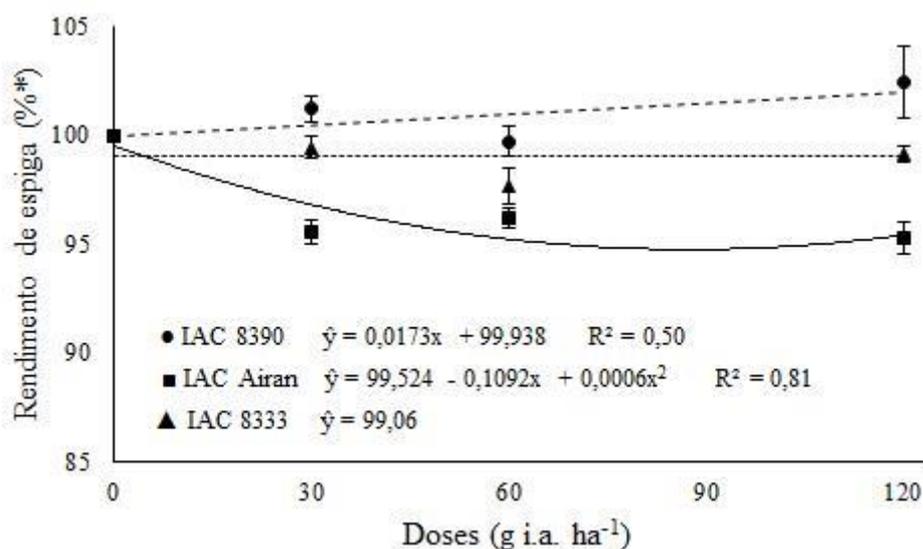


Figura 5– Rendimento de espiga na colheita (*porcentagem em relação à testemunha), em função de doses do herbicida nicossulfuron em três cultivares de milho. Votuporanga-SP, 2019.

A altura de inserção da espiga foi menor com o aumento das doses do herbicida Nicosulfuron nos cultivares IAC Airan e IAC 8333, com maior sensibilidade verificada no cultivar IAC 8333

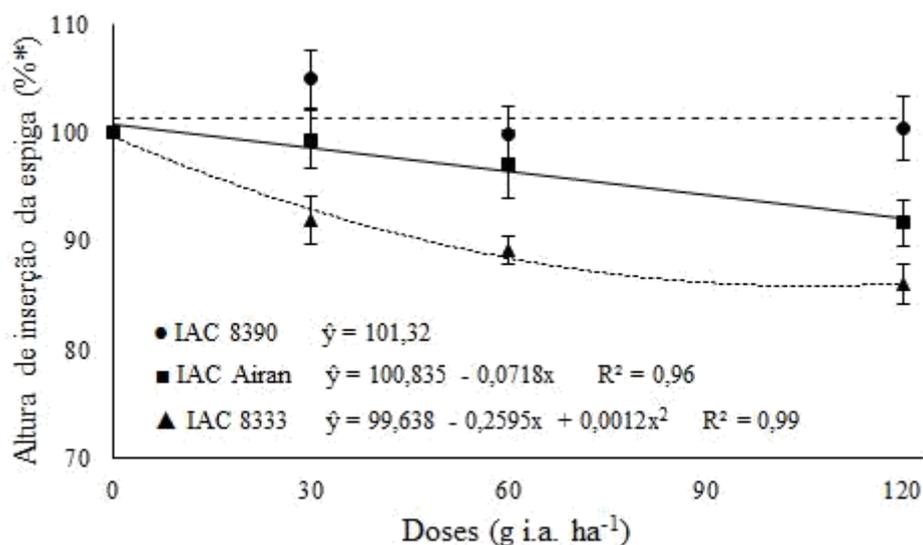


Figura 6 – Altura de inserção da espiga (*porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicosulfuron em três cultivares de milho. Votuporanga-SP, 2019.

Na Tabela 4, verifica-se que a variável altura de inserção de espiga nos cultivares IAC 8390 e IAC 8333 não foi afetada pelo estágio fenológico das plantas no momento da aplicação do herbicida. Já o cultivar IAC Airan foi mais sensível no estágio V3 para essa característica.

Tabela 4– Altura de inserção de espiga (*porcentagem em relação à testemunha) em função de duas épocas de aplicação do herbicida Nicosulfuron em três cultivares de milho. Votuporanga-SP, 2019.

Estádio	Cultivares			Média
	IAC 8390	IAC Airan	IAC 8333	
V3	101,82 a A	94,42 b B	92,89 b A	96,38
V6	100,82 a A	99,71 a A	90,71 b A	97,08
Média	101,32	97,07	91,80	
C.V. (%)	6,32			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

A produtividade de uma cultura é resultante da combinação de três componentes de rendimento: número de espigas por unidade de área, número de grãos por espiga e peso do grão. Para Fancelli e Dourado Neto (2000), o número de grãos por planta e por unidade de área constitui em um dos mais importantes componentes determinantes do

rendimento da cultura, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e 10ª folhas, além daqueles evidenciados no florescimento.

Os valores médios de população de plantas estão apresentados na Figura 7. Verificou-se que o uso do nicosulfuron promoveu a redução na população de plantas dos cultivares IAC 8333 e IAC Airan. Para esses cultivares verificou-se também que o aumento da dose promoveu redução linear, independentemente do estágio fenológico no qual foi aplicado o herbicida. Contudo, verificou-se que no estágio fenológico V3 maior coeficiente de regressão, que indica maior inclinação da reta e maior suscetibilidade dos cultivares. Neste sentido, verifica-se que a perda máxima foi de 20% das plantas com a utilização da maior dose do produto em V3 para o cultivar IAC Airan e 13% para o cultivar IAC 8333.

Quando o herbicida foi utilizado em V6 as perdas ficaram abaixo de 10%. O herbicida Nicosulfuron não afetou a população de plantas do cultivar IAC 8390. A população de plantas é um dos componentes de rendimento de uma lavoura de milho tão importante que sua perda provoca danos irreparáveis no rendimento da lavoura, uma vez que a planta de milho não possui capacidade compensatória efetiva como destacado por Fancelli e Dourado Neto (2000). Na literatura verificou-se que a tolerância de cultivares de milho a herbicidas ao Nicosulfuron é variável entre cultivares que apresentam boa tolerância (Pereira et al. 2000; Cavalieri et al. 2008; Dan et al. 2010) e também, como relatado por Monks et al. (1992) em estudo com milho doce pode provocar a morte total das plantas.

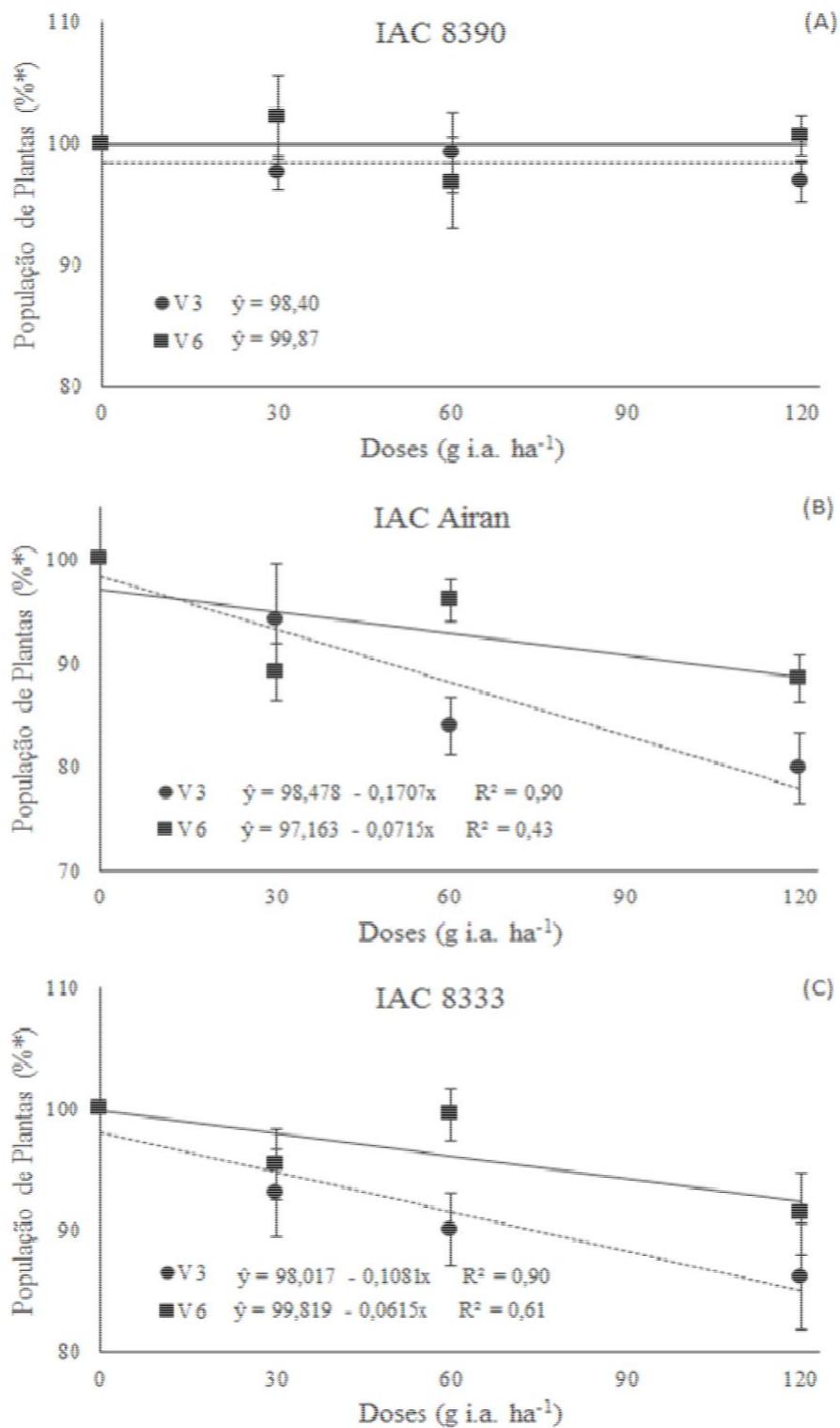


Figura 7 – População de plantas (* porcentagem em relação à testemunha), em função de doses do herbicida nicossulfuron em três cultivares de milho e duas épocas de aplicação. Desdobramento da interação tripla isolando o fator cultivares. Votuporanga-SP, 2019.

O cultivar IAC Airan apresentou índice de espigas menores que os demais cultivares, principalmente, quando o herbicida foi utilizado em V3 (Figura 8). Para esse estágio no cultivar IAC Airan, verificou-se que o aumento da dose do herbicida promoveu redução linear no índice de espiga, atingindo, na maior dose, redução de 7%.

Fancelli et al. (2000) observaram sensíveis reduções de rendimento de lavouras de milho provocados por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura. Para uma variedade de polinização aberta a toxicidade de um herbicida, pode significar maiores impactos na proporção de plantas dominadas, uma vez que é da natureza desse cultivar maior variabilidade e desuniformidade entre as plantas de uma lavoura e os efeitos herbicidas pode ser mais pronunciado com maior impacto no índice de espiga.

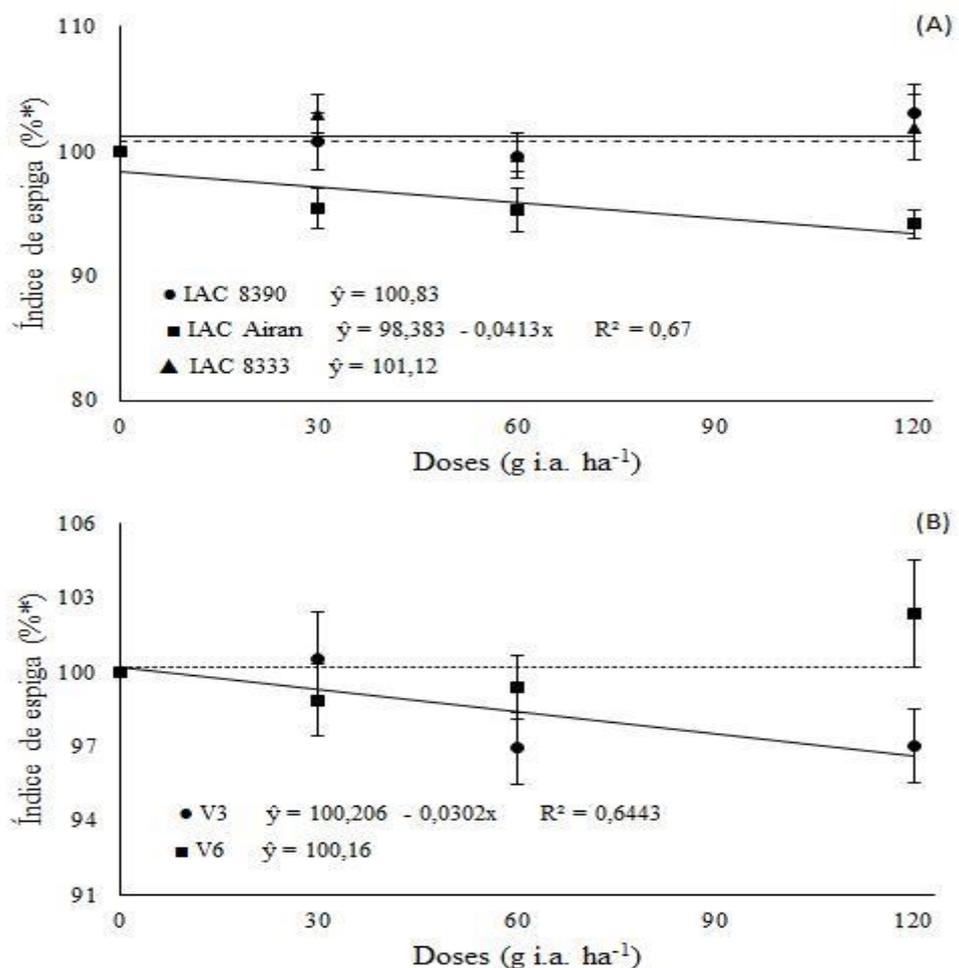


Figura 8 – Índice de espiga (* porcentagem em relação à testemunha) em função de doses do herbicida nicossulfuron em três cultivares de milho (A) e em dois estádios de desenvolvimento da planta no momento da aplicação (B). Votuporanga-SP, 2019.

A variável massa de 100 grãos (%) não foi afetada em função das doses do herbicida nicosulfuron utilizadas como mostra a Tabela 5. Podemos verificar também que entre os três cultivares, a variedade IAC Airan foi a que apresentou, embora com pequena diferença, a maior de massa de 100 grãos, provavelmente devido a maior redução da população de plantas nesse cultivar causada pelo herbicida, isto permite maior entrada de radiação na lavoura e maior acúmulo individual de biomassa pelas plantas.

Contudo, como a capacidade de compensação das plantas de milho é reduzida e dependente de outros fatores, isoladamente a massa não foi suficiente para recuperar a produtividade da cultura conforme resultados demonstrados na Figura 9. Resultados semelhantes foram encontrados por Rossi et al. (1996), onde foi possível constatar que os herbicidas não interferiram na variável de massa de 100 grãos.

Tabela 5 – Massa de cem grãos (M100) e peso do hectolitro (Ph) em função de quatro doses do herbicida Nicosulfuron em três cultivares e duas épocas de aplicação. Votuporanga-SP, 2019.

Tratamentos	M100	Ph
	----- % porcentagem em relação a testemunha-----	
Doses		
0	100,0 a	100,0 a
30	99,58 a	99,02 b
60	99,61 a	98,83 b
120	100,3 a	99,15 b
Cultivares		
IAC 8390	99,23 b	99,47 a
IAC Airan	102,09 a	99,31 a
IAC 8333	98,30 b	98,96 a
Épocas		
V3	99,91 a	99,28 a
V6	99,84 a	99,22 a
Média	99,87	99,25
C.V. (%)	4,34	1,38

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Na Figura 9 verificou-se que houve diferença varietal e influência da dose e do estágio de desenvolvimento da planta na tolerância dos cultivares ao herbicida. De modo geral, considerando o efeito de dosagem do herbicida sobre a produtividade de grãos, as injúrias observadas nos cultivares, o efeito delas na altura de plantas, no índice e

rendimento de espiga e na população de plantas apresentaram relação com a queda de rendimento de grãos de milho.

O cultivar IAC Airan foi o que apresentou maiores níveis de sintomas, os quais foram presentes durante as avaliações (Figura 2) que resultaram em maior efeito sobre as variáveis principais como a população de plantas, sendo também o que apresentou maior redução de produtividade de grãos quando submetido ao herbicida (Figura 9 C).

Por outro lado, as injúrias observadas no cultivar IAC 8390 com o herbicida aplicado no estágio V3 e V6 não resultaram em redução de produtividade de grãos. Este resultado confirma que as plantas de milho apresentam mecanismos de detoxificação para este herbicida, recuperando-se progressivamente durante o ciclo de cultivo, após a aplicação do herbicida (OBRIGAWITCH et al., 1990; CAREY et al., 1997). Entretanto, como salienta Sieglin (1993), embora as plantas de milho se recuperem dos sintomas visuais de injúria, alguns híbridos podem ter sua produtividade afetada dependendo da dose aplicada, do estágio de desenvolvimento das plantas e das condições climáticas no momento da aplicação. Damião Filho (1996) ressalta que mesmo na ausência aparente de sintomas fitotoxicidade na planta de milho, a produtividade final da cultura pode ser reduzida pela aplicação do herbicida.

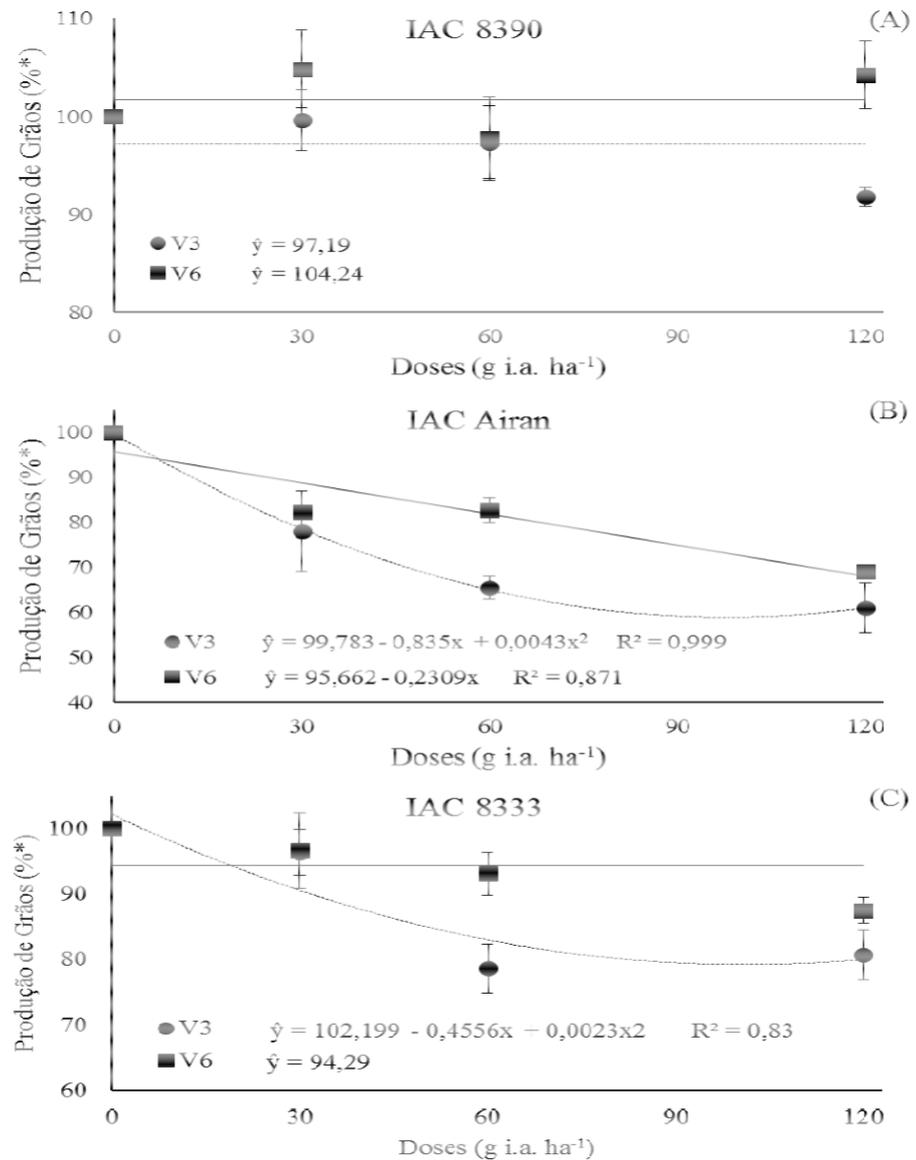


Figura 9 – Produtividade de grãos (%* percentagem em relação à testemunha*) em função de doses do herbicida Nicosulfuron em três cultivares de milho (A) e em dois estádios de desenvolvimento da planta no momento da aplicação (B). Votuporanga-SP, 2019.

A variável produtividade de grãos foi afetada pelo uso do Nicosulfuron para os cultivares IAC Airan e IAC 8333 que se mostraram muito sensíveis ao herbicida, principalmente quando o herbicida foi aplicado em V3 (Figura 9). Contudo, segundo McMullan e Blackshaw (1995) e Spader e Vidal (2001) na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta. Todavia, Spader e Vidal (2001) verificaram que a tolerância dos híbridos de milho aos herbicidas pós-emergentes do grupo sulfoniluréias é muito variável e pode levar inclusive a morte de cultivares (MONKS et al., 1992).

Desse modo, híbridos tidos como tolerantes a esses herbicidas podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON e HARVEY, 1992; GUBBIGA et al., 1995). Pode-se ressaltar que a maior variabilidade e desuniformidade de uma lavoura com cultivares de polinização aberta pode afetar a sensibilidade desses cultivares. A produtividade de grãos foi reduzida em 19,3% e 39,2%, para os cultivares IAC 8333 e IAC Airan em V3.

Embora em V6 os cultivares apresentaram maior tolerância ao herbicida em relação a V3, as perdas de produtividade de grãos devido seu uso nesta fase da cultura também foram muito elevadas e em torno 27% e 12%, respectivamente, para os cultivares IAC Airan e IAC 8333. O cultivar de milho IAC 8390 foi o mais tolerante ao Nicosulfuron, independentemente das doses utilizadas e do estágio que as plantas receberam a aplicação do herbicida, sendo possível o emprego desse herbicida para controle de plantas daninhas na cultura quando se utiliza esse cultivar.

2.3.3 Ensaio 2

Na Tabela 6 verifica-se que ocorreu efeito de cultivar para as variáveis população de plantas (POP) e rendimento de espiga (REDE); efeito de estágio de aplicação do herbicida para as variáveis altura de planta (ALT) e massa de cem grãos (M100). A interação cultivar (C) x estágio de aplicação do herbicida (E) foi significativa para variável rendimento de espiga e a interação E x dose do herbicida (D) foi significativa para índice de espigas (INDE).

Tabela 6 – Resumo da variância das características agrônomo de três cultivares de milho submetidas a doses do herbicida tembotrione em dois estágios de desenvolvimento da planta. Votuporanga-SP, 2019.

F.V.	GL	ALTP	ALTE	REDE	POP	PH	M100	PRODG
Bloco	4	26,19	244,16	1,49	366,86 *	3,39	67,50 **	341,33
Cultivar (C)	2	56,50	402,45	11,65 *	464,03 *	6,46	3,33	98,27
Época (E)	1	121,04 *	8,10	0,09	234,58	0,82	217,35 **	76,27
Dose (D)	3	19,43	173,37	3,15	113,80	0,25	12,75	252,53
C x E	2	62,14	43,92	11,55 *	116,33	5,88	7,01	131,75
C x D	6	11,38	198,15	3,02	74,97	1,27	1,62	64,24
E x D	3	19,15	122,46	1,98	192,19	1,42	35,98	129,19
C x E x D	6	12,76	94,79	1,95	56,57	1,32	24,51	131,07
Resíduo	92	24,95	160,02	3,30	118,13	3,23	17,47	242,62
C. V. (%)		4,94	12,44	1,80	10,81	1,80	4,16	15,18

*, **Significativo ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$).

Já os sintomas fitotoxicidade, de modo geral, foi baixo e menor quando o herbicida foi aplicado nas plantas com três folhas desenvolvidas (Figuras 10 e 11), demonstrando que mesmo em elevadas doses do herbicida não resultou em maior intensidade de sintomas.

Na aplicação no estágio V3 do milho, foi possível verificar que os cultivares apresentaram níveis fitotoxicidade inferiores a 20%, sendo que o cultivar IAC Airan apresentou maiores níveis para a maior dose, aos 14 DAA (18%) e aos 28 DAA (19%). A cultivar IAC 8390 apresentou valores baixos para todas as doses do herbicida, com notas de 11% aos 7 e 14 DAA, e 12% aos 28 DDA.

Os sintomas característicos do herbicida tembotrione, segundo Karan et al, (2009) é o desenvolvimento de uma intensa coloração esbranquiçada evoluindo para seca e morte subsequente das plantas em cultivares sensíveis. No presente trabalho não foram observados sintomas mais severos nas plantas.

Resultados de seletividade do herbicida em análise na cultura do milho foram também obtidos em trabalho realizado por Karan et al 2009 na Embrapa Milho e Sorgo demonstrando que o tembotrione, entre outros herbicidas, apresentou menor efeito tóxico nos híbridos BRS 130, DKB 393A, DOW 2 A252, P30F53 e SPEED.

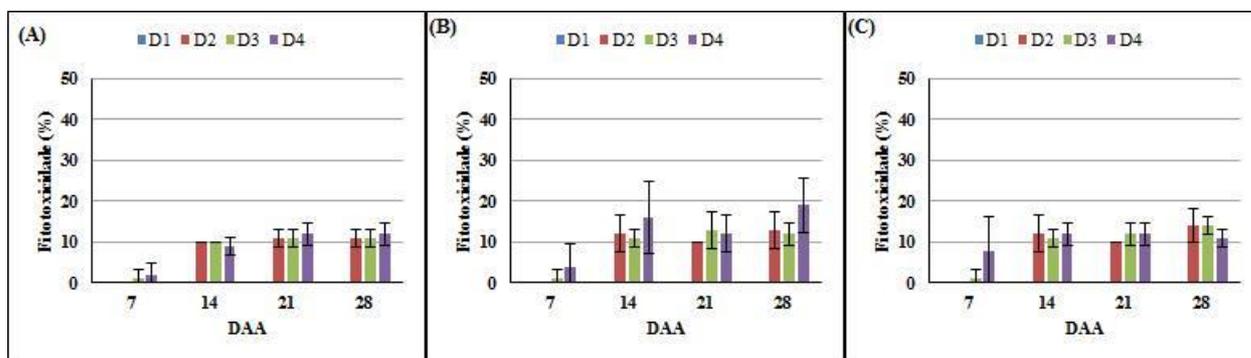


Figura 10 – Fitotoxicidade das doses 0 (D1), 50,4 (D2), 100,8 (D3) e 201,6 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida tembotrione em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 após sua aplicação em V3.

A aplicação do tembotrione no estágio V6 do milho evidenciou uma tendência de maior fitotoxicidade, todavia, permaneceu no limite de 20% nos cultivares IAC 8390 e IAC 8333. O cultivar IAC Airan, apresentou, na maior dose, nota de 32%, aos 7 DAA, a qual foi reduzida no decorrer das avaliações. Em comparação ao primeiro período (V3), o cultivar IAC 8390 obteve em todas as doses, níveis de fitotoxicidade mais baixos, entre 10% e 14%, aos 21 DDA (Figura 2).

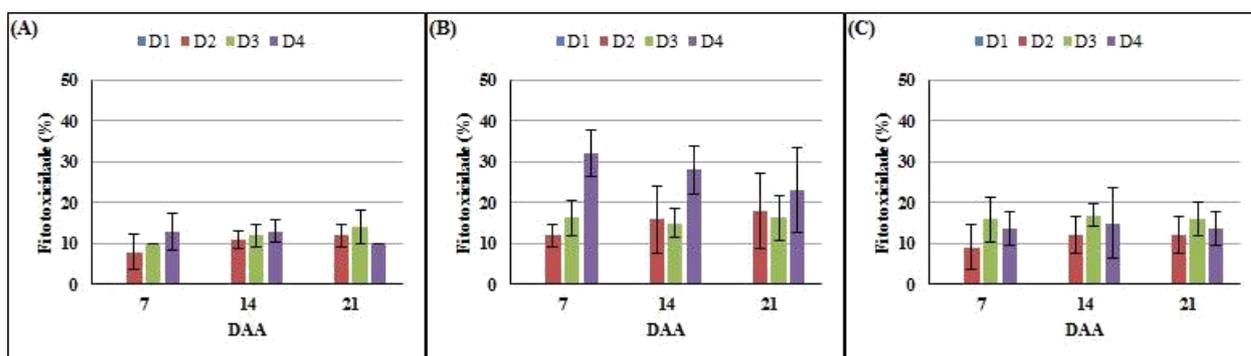


Figura 11– Fitotoxicidade das doses 0 (D1), 50,4 (D2), 100,8 (D3) e 201,6 (D4) g i.a. ha⁻¹ do herbicida tembotrione em três cultivares de milho, IAC 8390 (Figura A), IAC Airan (Figura B) e IAC 8333 (Figura C), avaliados aos 7, 14 e 21 após sua aplicação em V6.

É possível verificar que as cultivares IAC 8390 e IAC 8333 apresentaram maior tolerância ao herbicida com fitotoxicidade inferior a 20%, enquanto IAC Airan apresentou um índice maior de 32% aos 7 DDA na dose máxima em V6. Apesar disso, as cultivares mostraram índices na margem de 20% ao final de cada estágio (28 DAA), o que pode ser considerado um valor baixo de fitotoxicidade.

Tabela 7 – Altura da planta (ALTP), altura de inserção da espiga (ALTE), população de plantas (POP), produção de grãos (PRODG), massa de 100 grãos (M100) e peso do hectolitro (PH) em três cultivares de milho, duas épocas de aplicação e quatro doses do herbicida tembotrione.

Tratamentos	ALTP	ALTE	POP	PH	M100	PRODG
	----- % em relação a testemunha					
Doses						
0,0	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
50,4	101,15 a	104,87 a	98,48 a	100,15 a	100,53 a	100,24 a
100,8	101,13 a	102,29 a	100,62 a	100,13 a	101,28 a	104,52 a
201,6	101,96 a	99,68 a	103,16 a	99,97 a	99,83 a	105,64 a
Cultivares						
IAC 8390	99,70 a	98,29 a	97,60 b	100,45 a	100,65 a	100,94 a
IAC Airan	101,87 a	104,55 a	99,81 ab	99,65 a	100,09 a	102,80 a
IAC 8333	101,61 a	102,30 a	104,28 a	100,09 a	100,48 a	104,10 a
Estádio						
V3	100,06 b	101,97 a	101,96 a	99,98 a	99,06 b	101,8 a
V6	102,06 a	101,45 a	99,17 a	100,15 a	101,75 a	103,40 a
Média	101,06	101,71	100,56	100,06	100,41	100,06

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Mesmo com as diferenças do efeito tóxico do herbicida entre os cultivares avaliados, é possível observar que essas diferenças não resultaram em perdas na produção de grãos (Tabela 7). Karam et al (2009) em testes realizados com diferentes híbridos de milho submetidos ao tratamento com tembotrione também não encontraram interferência na produtividade de grãos.

Comparando os valores relativos aos dois períodos de aplicação do herbicida (V3 e V6) para massa de 100 grãos e rendimento de espiga, (Tabela 8) é possível perceber diferenças de pouco valor prático, levando a constatar que os cultivares avaliados não sofreram efeitos prejudiciais em relação à produtividade corroborando com os resultados de Karam et al 2009 e Freitas et. al., 2010.

Tabela 8– Rendimento de espiga em função das doses e da interação entre cultivares e épocas de aplicação do herbicida tembotrione

Época	IAC 8390	IAC Airan	IAC 8333
V3	101,16 a A	100,79 a A	99,25 b B
V6	100,77 a A	100,06 a A	100,53 a A
Doses			
	0	50,4	100,8
	-----g i.a. ha ⁻¹ -----		
	100 a	100,45 a	100,79 a
C.V. (%)	1,8		

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Dan et. al (2010) mostraram que seletividade do tembotrione para a cultura do milho é dependente da dose utilizada e do estágio fenológico da mesma no momento de aplicação. Neste mesmo estudo, dentro do intervalo de doses estudado, a maior dose (252 g.i.a. ha⁻¹) afetou a produção de grãos em 39% e 25% e provocou redução da altura das plantas em aplicações realizadas com quatro e sete folhas expandidas respectivamente. Esses resultados reforçam que tolerância da cultura a um herbicida é dependente da cultivar, do estágio fenológico no momento da aplicação, da dose utilizada entre outros fatores, assim como verificado para tolerância da cultura do milho ao herbicida nicosulfuron por López-Ovejero et al., (2003) e Cavalieri et al., (2008).

Diferentemente ao nicosulfuron no qual a resposta dos híbridos à aplicação do herbicida é bastante variável (CAVALIERI et al.,2008), o tembotrione tem sido altamente seletivo os cultivares de milho (SPADER et al., 2008; KARAM et al., 2009;

MAÇARES et al., 2018). Contudo, nossos resultados corroboram com os dados observados por Schuelter et al. (2018) no qual a aplicação desse herbicida em campos de linhagens e de populações segregantes, obtidas a partir de alguns cruzamentos com genótipos tolerantes, tem revelado o aparecimento de sintomas de fitotoxicidade, indicando a existência de fatores genéticos que conferem sensibilidade ao nicosulfuron e tembotrione. Neste contexto, tanto os sintomas apresentados quanto o efeito sobre algumas variáveis das plantas provavelmente está relacionada ao fato das cultivares utilizadas terem maior variabilidade genética e desuniformidade entre as plantas.

2.4. CONCLUSÃO

Nas condições em que o trabalho foi realizado, conclui-se que o Nicosulfuron interferiu no desenvolvimento e produtividade dos cultivares de milho IAC 8333 e IAC Airan, em função das doses e época de aplicação do herbicida. O cultivar de milho IAC 8390 foi o mais tolerante ao Nicosulfuron, independentemente das doses utilizadas e do estágio que as plantas receberam a aplicação do herbicida, sendo possível o emprego desse herbicida para controle de plantas daninhas na cultura, quando se utiliza esse cultivar. O Nicosulfuron não deve ser utilizado para o manejo de plantas daninhas nos cultivares IAC Airan e IAC 8333. O aumento das doses potencializou o efeito fitotóxico desse herbicida.

Para o herbicida tembotrione podemos concluir que o mesmo apresentou baixa fitotoxicidade aos cultivares de milho IAC 8390, IAC Airan e IAC 8333, independentemente da dose ou época de aplicação em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura (V3 ou V6).

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRO BAYER BRASIL. **Tembotrione: uma importante ferramenta para o milho.** 2018. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/noticias/news-bucket/2018/11/12/11/36/tembotrione>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

ANDERSON, D. D.; NISSE, S. J.; MARTIN, A. R.; ROETH, F. W. Mechanism of primisulfuron resistance in shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Science**. v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.

BARCHANSKA, H.; MAJ, J.; KLUZA, A.; KRAJCZEWSKA, K. Degradation study of mesotrione and other triketone herbicides on soils and sediments. **Journal of Soils and Sediments**, v. 16, n. 1, p. 125-133, 2016.

BOLLMAN, J. D.; BOERBOOM, C. M.; BECKER, R. L.; FRITZ, V. A. Efficacy and tolerance to HPPD-inhibiting herbicides in sweet Corn. **Weed Technology**, v. 22, n. 4, p. 666-674, 2008.

BUZATTI, W. J. S. Seletividade de híbridos de milho aos herbicidas. **Informativo Fundação ABC**, v. 2 n. 8, p. 8-10, 2000.

CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M. Tolerância de Híbridos de milho ao herbicida nicossulfuron. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR. R.S., BLAINSKI, E.; HOMEM, L.M. Seletividade e eficácia agrônômica do novo herbicida tembotrione para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. Brasília. *Anais...* Brasília: Universidade de Brasília. 2006.

DAN, H.A.; BARROSO, A. L. L.; BRAZ, G. B. P.; DAN, G. M.; FERREIRA FILHO, W.C.; MENEZES, C. C. E. Seletividade do nicossulfuron e da mistura com atrazine na cultura do milho. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 10, p. 243-252, 2010.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; TANNÚS, V. R.; FINOTTI, T. R. Seletividade de herbicidas aplicados na pós-emergência da cultura do milheto (*Pennisetum glaucum*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 3, p. 297-306, 2009.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; OLIVEIRA JUNIOR., R. S.; PROCÓPIO, S. O.; FREITAS, A. C. R.; CORREA, F. M. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do milheto. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 793-799, 2010.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. de L.; DAN, L. G. de M.; FINOTTI, T. R.; FELDKIRCHER, C.; SANTOS, V. S. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 388-393, 2010.

DAMIÃO FILHO, C. F.; MÔRO, F. V.; TAVEIRA, L. R. Respostas de híbridos de milho ao nicossulfuron, 1 - Aspectos biológicos e da produção. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p. 3-13, 1996.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas**: fundamentos. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 431 p.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Importância socioeconômica. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Árvore do Conhecimento - Milho: Importância Socioeconômica**,

2003. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.

FANCELLI, A.L.; OVEJERO, R.F.; DOURADO NETO, D.; VODURCA, H.; Influência do uso de herbicidas no rendimento e nos componentes de produção de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., Recife, 1998. *Resumos...* Recife: IPA/ABMS/EMBRAPA, 1998.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. *Anais...* Salvador: 2005.

FONNE, P. EBERT, E.; R.; GAUDIN, J.; RAMSTEINER, K. Hydroxylation of primisulfuron by inducible cytochrome P450 depend monooxygenase system from maize. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 37, n. 1, p. 165-173, 1990.

GALLAHER, K. Absorption, translocation, and metabolism of primisulfuron and Nicosulfuron in broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) and corn. **Weed Science.**, v. 47, n. 1, p. 8-12, 1999.

GUBBIGA, N. G.; WORSHAM, A. D.; COBLE, H. D. Effect of Nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technology**, v. 9, n. 1, p. 3574-3581, 1995.

IAC- Instituto Agronômico de Campinas, 2019. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados.php>>. Acesso em: 21, fev de 2019.

LÓPEZ OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; BARELA, J. F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Ed). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2003. p. 47-49.

LÓPEZ OVEJERO, R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADONETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 413-419, 2003.

MCMULLAN, P. M.; BLACKSHAW, R. E. Postmergence green foxtail (*Setaria viridis*) control in corn (*Zea mays*) in western Canada. **Weed Technol.**, v. 9, n. 1, p. 37-43, 1995.

MONKS, D. W.; MULLINS, C. A.; JOHNSON, K. E. Response of sweet corn (*Zea mays*) to Nicosulfuron and primisulfuron. **Weed Technology**, v. 6, n. 1, p. 280-283, 1992.

MÔRO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. F. Alterações morfoantômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicossulfuron. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.

MORTON, C. A.; HARVEY, R. G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to Nicosulfuron. **Weed Technology**, v. 6, n. 1, p. 91-96, 1992.

OBRIGAWITCH, T.T.; HARVEY, R.G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicossulfuron. **Weed Technol.**, v.6, n.1, p.91-96, 1992.

OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Orgs.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 243-262.

PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, M. F. e PIRES, N. M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicossulfuron. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 479-482, 2000.

PPDB - THE PESTICIDE PROPERTIES DATABASE. **Developed by the Agriculture & Environment Research Unit (AERU)**. 2018. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>> . Acesso em 10 jul. 2018.

ROSSI, I.H.; OSUNAS, J. A.; ALVES, P. L. C. A.; BEZUTTE, A. J. Interferência das plantas daninhas sobre algumas características agronômicas e a produtividade de sete cultivares de milho. **Planta Daninha**, v. 14, n. 2, p. 134-148, 1996.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages:UDESC, 2007. 96p.

SIEGELIN, S.D. **Timing of nicossulfuron and primisulfuron applications on corn (*ZEAMAYS L.*) ear malformation**. 1993. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Indiana Land Grant University, Purdue University, West Lafayette.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Interferência de *Brachiaria plantaginea* sobre características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade de grãos de milho. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 465-470, 2000.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicossulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 929-934, 2001.

TRIGO, C.; COX, L.; SPOKAS, K. A.; KOSKINEN, W. C. Influence of Soil Biochar Aging on Sorption of the Herbicides MCPA, Nicosulfuron, Terbutylazine, Indaziflam, and Fluoroethyldiaminotriazine. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 45, p. 10855–10860, 2014.

WADDINGTON, M. A.; YOUNG, B. G. Interactions of herbicides and adjuvants with AE 0172747 on postemergence grass control. **Weed Science**, v. 61, n. 4, p. 108-115, 2006.

WILLIAMS, M. M.; PATAKY, J. K. Genetic basics of sensitivity in sweet corn to tembotrione. **Weed Science**, v.56, n. 3, p.364-370, 2017.

ZHANG, J.; ZHENG, O.; YAN, D.; ZHANG, Z.; GERHARDS, R. Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer maize (*Zea mays L.*) fields in North China Plain. **Crop Protection**, v. 52, p. 26-32, 2013.