

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ASSOCIAÇÕES HERBICIDAS APLICADAS EM PÓS-EMERGÊNCIA
NA CULTURA DO MILHO PIPOCA

THIAGO MARÇAL MAIA
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2018

THIAGO MARÇAL MAIA

**ASSOCIAÇÕES HERBICIDAS APLICADAS EM PÓS-EMERGÊNCIA
NA CULTURA DO MILHO PIPOCA SOB DIFERENTES ESTÁDIOS**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - (CIP)

188a

Maia, Thiago Marçal

Associações herbicidas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho pipoca sob diferentes estádios. / Thiago Marçal Maia. — 2018.
34 f.: il. tabs.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2018.

1. Controle químico. 2. Milhos especiais. 3. Seletividade. 4. *Zea mays*.
I. Braz, Guilherme Braga Pereira.

CDD: 633.15

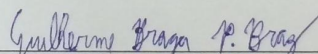
Elaborada por Fernanda Castro - Bibliotecária CRB1/3191

THIAGO MARÇAL MAIA

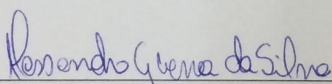
ASSOCIAÇÕES HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM DIFERENTES
ESTÁDIOS E DOSES NO MILHO PIPOCA

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*

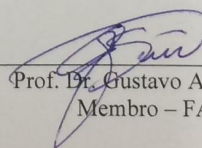
APROVAÇÃO: 23 de agosto de 2018



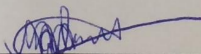
Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV



Dra. Maria Mirmes Paiva Goulart
Membro - Agrodefesa

DEDICATÓRIA

Sou grato a Deus, que me ajudou em cada etapa desse trabalho e não me deixou fraquejar.

EPÍGRAFE

“A verdadeira motivação vem de realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento”. (Frederick Herzberg)

AGRADECIMENTOS

É de muita importância citar todas as pessoas que me ajudaram nesta etapa tornando possível a conclusão deste trabalho. E, assim na lembrança de alguns, forjarei meus agradecimentos.

Nas minhas primeiras palavras venho a agradecer a Deus, pois nele confio e também a minha família, que é a minha base, a qual me apoiou nesta trajetória de aprendizado.

Minha família, por ser meu alicerce, venho agradecer em especial minha esposa Marla e meus filhos Maria Eduarda, José Eduardo e àquele que está por chegar. Aos meus pais Mozar e Leazir e meu irmão Mozar Jr. por todo empenho e dedicação que ofereceram ao me ajudar na confecção deste trabalho, colaborando em diferentes etapas desta jornada.

À Universidade de Rio Verde (UniRV) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz e ao meu co-orientador Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva, os quais sempre se mantiveram atentos desde as correções do trabalho ao desenvolvimento da pesquisa, além do esforço exercido na conclusão desta dissertação.

Agradeço aos membros da banca examinadora o Prof. Dr. Gustavo André Simon e a Dra. Maria Mirmes Paiva Goulart pelas observações e contribuições dadas ao trabalho.

Agradeço aos professores os quais tive o prazer de compartilhar conhecimentos no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UniRV, entre estes Dr. Carlos César Evangelista de Menezes, Dr. Gustavo André Simon, Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso, Dra. June Faria de Menezes e Dr. Antonio Joaquim Braga Pereira Braz.

À empresa APMP, por todo suporte que me foi dado disponibilizando horário para realizar este projeto e pela oportunidade deste estudo. A todos os colaboradores da empresa que de alguma forma auxiliaram no trabalho.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rizzia, pelo atendimento profissional e competente durante este período de convivência.

Aos familiares, amigos, professores e colegas que participaram direta e indiretamente deste sonho, fica registrado o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

THIAGO MARÇAL MAIA, filho de Mozar José Maia e Leazir Marçal Maia, nasceu no município de Itumbiara, Estado de Goiás, aos 15 dias do mês de julho do ano de 1981. Em 2001, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade de Rio Verde, graduando-se em dezembro de 2007. Em agosto de 2016, ingressou como aluno de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade de Rio Verde, defendendo a dissertação no dia 23 de agosto de 2018.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Aspectos gerais do cultivo de milho pipoca.....	2
2.2 Interferência de plantas daninhas.....	3
2.3 Seletividade de herbicidas para milho pipoca.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5 CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Resumo da análise de variância para as variáveis fitointoxicação, massa seca de parte aérea (MSPA), índice SPAD (SPAD), altura de plantas (AP) e de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD). Rio Verde (GO), 2017/2018.....	9
TABELA 2	Fitointoxicação (%) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas isolados e em associação. Rio Verde (GO), 2017/2018.....	10
TABELA 3	Massa seca de parte aérea (g) e produtividade (kg ha ⁻¹) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas isolados e em associação. Rio Verde (GO), 2017/2018.....	12
TABELA 4	Resumo da análise de variância para as variáveis fitointoxicação, massa seca de parte aérea (MSPA), índice SPAD (SPAD), altura de plantas (AP) e de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD). Rio Verde (GO), 2017/2018.....	13
TABELA 5	Fitointoxicação (%) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas em diferentes estádios. Rio Verde (GO), 2017/2018.....	14
TABELA 6	Massa seca de parte aérea (g) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas em diferentes estádios. Rio Verde (GO), 2017/2018.....	16
TABELA 7	Altura de plantas e de inserção da espiga (cm), diâmetro de colmo (mm) e produtividade (kg ha ⁻¹) de milho pipoca submetido à aplicação de herbicidas em pós-emergência em diferentes estádios. Rio Verde (GO), 2017/2018.....	17

RESUMO

MAIA, T.M., M.Sc., UniRV - Universidade de Rio Verde, Agosto de 2018. Associações herbicidas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho pipoca sob diferentes estádios. Orientador: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz. Co-orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva.

O milho pipoca por apresentar alto valor agregado pode-se constituir em boa opção para cultivo em segunda safra. Para assegurar que haja boa qualidade e homogeneidade dos grãos, é fundamental evitar a interferência das plantas daninhas no cultivo de milho pipoca. Dessa forma, é necessário identificar herbicidas que sejam seletivos à cultura e que promovam controle eficiente das plantas daninhas. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade de associações herbicidas para a cultura do milho pipoca em diferentes estádios. Foram conduzidos dois experimentos na safra agrícola 2017/18, ambos instalados a campo no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. O Experimento I foi instalado em arranjo fatorial 7 x 2, sendo que o primeiro fator correspondeu à aplicação dos herbicidas mesotrione (116 e 192 g ha⁻¹), tembotrione (76 e 100 g ha⁻¹) e nicosulfuron (16 e 28 g ha⁻¹), além de tratamento sem herbicida. O segundo fator correspondeu à associação ou não com atrazine (2000 g ha⁻¹) em associação. O Experimento II foi instalado em arranjo fatorial 4 x 3 + 1, onde o primeiro fator foi constituído da aplicação dos herbicidas mesotrione + atrazine (116 + 2000 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (76 + 2000 g ha⁻¹), nicosulfuron + atrazine (16 + 2000 g ha⁻¹) e atrazine (2000 g ha⁻¹). O segundo fator foi composto pelas aplicações em pós-emergência em diferentes estádios do milho pipoca, correspondente à 2, 4 e 6 folhas verdadeiras. O tratamento adicional consistiu da testemunha sem aplicação de herbicidas. A partir dos resultados obtidos nos experimentos pôde-se constatar que herbicidas com espectro sobre gramíneas aplicados em associação com atrazine proporcionaram maiores injúrias às plantas de milho pipoca. Além disso, estes herbicidas quando aplicados nas maiores dosagens, causaram redução nos valores de massa seca de parte aérea das plantas de milho pipoca. Não foram constatadas diferenças significativas para a produtividade do milho pipoca entre os tratamentos, demonstrando que as associações herbicidas podem ser utilizadas no manejo de plantas daninhas da cultura do milho pipoca em diferentes estádios de aplicação.

Palavras-chave: controle químico, milhos especiais, seletividade, *Zea mays*.

ABSTRACT

MAIA, T.M., M.Sc., UniRV – University of Rio Verde, August 2018. Herbicides association applied in post-emergence in popcorn crop in different stages. Adviser: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz. Co-adviser: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva.

The popcorn crop, because of its high added value, can constitute a good option for growing in second season. To ensure that there is good quality and homogeneity of the grains, it is fundamental to avoid the interference of weeds in the popcorn crop. Thus, it is necessary to identify herbicides that are selective to the crop and that promote efficient weed control. In this context, the objective of this study was to evaluate the selectivity of herbicides associations for popcorn crop in different stages of development. Two experiments were carried out in the 2017/18 season, both installed in the field in a randomized complete block design with four replications. Experiment I was installed in 7 x 2 factorial arrangement, with the first factor corresponding to the application of mesotrione (116 and 192 g ha⁻¹), tembotrione (76 and 100 g ha⁻¹), and nicosulfuron (16 and 28 g ha⁻¹), in addition to treatment without herbicide. The second factor corresponded to association or not with atrazine (2000 g ha⁻¹) in association. Experiment II was carried out in a 4 x 3 + 1 factorial arrangement, in which the first factor was the application of mesotrione + atrazine (116 + 2000 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (76 + 2000 g ha⁻¹), nicosulfuron + atrazine (16 + 2000 g ha⁻¹) and atrazine (2000 g ha⁻¹). The second factor was the post-emergence application at different stages of popcorn, corresponding to 2, 4 and 6 true leaves. Additional treatment consisted of the control without herbicide application. From the results obtained in the experiments, it can be verified that herbicides with spectrum on grasses applied in association with atrazine provided higher levels of injuries to the popcorn plants. In addition, these herbicides, when applied at the higher doses, caused a decrease in the shoot dry matter values of the popcorn plants. No significant differences were observed in popcorn yield between treatments, demonstrating that herbicides associations can be used in weed management of this crop at different stages of application.

Keywords: chemical control, special corn, selectivity, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho pipoca é caracterizado por possuir grãos pequenos e duros, os quais tem a capacidade de estourar após o aquecimento. Esta característica relacionada ao grão do milho pipoca o diferencia do milho comum, mesmo ambos sendo pertencentes a mesma espécie botânica (*Zea mays* L).

O cultivo do milho pipoca tem como objetivo abastecer o mercado com os grãos para consumo humano e por esta razão é imprescindível que estes atendam a padrões mínimos de qualidade como alta capacidade de expansão e características como maciez, sabor, aroma e cor. As exigências citadas anteriormente fazem com que a cultura do milho pipoca seja considerada de alto valor agregado, sendo amplamente cultivada por produtores que buscam diversificação de renda.

O sucesso da exploração comercial do milho pipoca teve relação com o avanço dos programas de melhoramento genético por meio da eficiência da seleção de determinadas características de interesse. Além das características inerentes à qualidade dos grãos, buscaram-se plantas com alto potencial produtivo, baixa tendência ao acamamento e resistência a pragas e doenças.

Por atenderem ao mercado para consumo humano, são necessários cuidados redobrados com a interferência dos fatores bióticos e abióticos. Um dos principais fatores limitantes ao cultivo do milho pipoca é o manejo das plantas daninhas. A interferência imposta pela comunidade infestante à cultura, principalmente, pela competição por água, nutrientes e luz, compromete o crescimento inicial da cultura e o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, além de limitar a produtividade de grãos. As plantas daninhas, quando não controladas, podem causar uma série de problemas, como servir de hospedeiras alternativas para pragas, doenças e nematoides que são comuns a cultura do milho pipoca, além de dificultar a operação da colheita.

Assim como nas demais culturas, as medidas de controle de plantas daninhas mais comumente utilizadas no milho pipoca estão relacionadas ao método químico, por meio da aplicação de herbicidas. Este método de controle se destaca pela eficiência, pela rapidez e pelo baixo custo quando comparado aos demais métodos. Apesar disto, a eficiência de controle dependerá de fatores como condições ambientais, época de aplicação dos herbicidas e da planta daninha a ser controlada.

Atualmente, os herbicidas empregados para o manejo de plantas daninhas no milho comum vêm sendo utilizados também na cultura do milho pipoca, tais como nicosulfuron, tembotrione, mesotrione e atrazine. Apesar disto, o uso destes herbicidas pode causar injúrias a cultura, fomentando a necessidade de aprofundar os estudos acerca da seletividade destes herbicidas para o milho pipoca.

Mediante ao exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar as características agronômicas e produtividade do milho pipoca submetido à aplicação de associações herbicidas, bem como avaliar a influência do estágio fenológico na tolerância da cultura aos herbicidas aplicados em pós-emergência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do cultivo de milho pipoca

O milho de pipoca (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae, o qual é oriundo da mesma espécie botânica do milho comum (LINARES, 1987). Este cereal, além do consumo como pipoca, também pode ser utilizado como fonte na fabricação de alimentos básicos como fubás, canjicas, farinhas e óleos. Além disso, o seu xarope de glucose é utilizado na produção de balas, gomas de mascar, entre outros (SOLOGUREN, 2015).

A planta de milho pipoca, quando comparada à do milho comum, caracteriza-se por apresentar menor vigor, grãos menores, maior susceptibilidade a pragas e doenças e a produção de espigas de tamanho menor, além da maior capacidade de expansão dos grãos. A qualidade de grãos do milho pipoca é determinada pela maciez e capacidade de expansão, as quais estão correlacionadas, apresentando alta variabilidade em formato, tamanho e cor do grão, tendo maior aceitação comercial os grãos arredondados no formato de pérola com endosperma alaranjado (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

O milho pipoca apresenta boa adaptabilidade às diversas condições de ambiente de produção a que é submetido, onde por vezes as recomendações de cultivo são oriundas do milho comum (FREITAS et al., 2009). Vale destacar que as plantas de milho pipoca possuem o sistema radicular fasciculado e superficial, tendo assim pouca tolerância ao déficit hídrico (GOODMAN e SMITH, 1987). No Brasil, são evidenciados que a temperatura e a precipitação são dois fatores que mais influenciam no desenvolvimento do milho pipoca.

Neste sentido, a semeadura não é recomendada em regiões com ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 10°C e máximas superiores a 40°C (SAWAZAKI et al., 2003).

Por ser cultura que se constitui como boa alternativa de produção em segunda safra em várias regiões do país, é fundamental que estudos quanto ao manejo fitossanitário sejam desenvolvidos. Neste contexto, compreender a problemática das plantas daninhas infestando lavouras de milho pipoca, bem como selecionar herbicidas que possam ser empregados no controle destas, pode auxiliar na obtenção de boas produtividades.

2.2 Interferência de plantas daninhas

As plantas daninhas se desenvolvem em ambientes semelhantes às plantas cultivadas, causando problemas para agricultura, pois estas possuem características de agressividade que proporcionam um maior poder competitivo em relação à cultura. Os prejuízos proporcionados pelas plantas daninhas não estão associados apenas à competição por luz, água e nutrientes, mas também ao fato de liberarem substâncias químicas no solo que interferem na germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (NALINI et al., 2015; FLETCHER e REDDY, 2016).

Além disso, as plantas daninhas influenciam a qualidade dos grãos e causam restrições na colheita manual ou mecanizada das culturas com as quais convivem (KARAM e MELHORANÇA, 2007). A intensidade de reduzir a produtividade por plantas daninhas depende de diversos fatores, sendo eles a espécie de plantas daninhas, densidade, biomassa, tempo de convivência e características edafoclimáticas (TURSUN et al., 2016).

Visualizado a problemática das plantas daninhas na cultura do milho pipoca, torna-se evidente a necessidade de se proceder ao manejo destas. Visando produzir dentro de um sistema agrícola sustentável, o manejo integrado de plantas daninhas estimula a utilização dos vários métodos de controle disponíveis, sendo estes o preventivo, biológico, físico, mecânico, cultural e químico (SWANTON e WEISE, 1991).

Devido ao alto custo de mão de obra, tem-se usado frequentemente controle químico, porque este tipo de controle é eficaz e conseqüentemente, reduz o custo do cultivo do milho. Podemos salientar que nem todos os herbicidas seletivos e recomendados na cultura, mas a rotação de moléculas nas lavouras é fundamental para não termos resistência de biótipos.

2.3 Seletividade de herbicidas para milho pipoca

A seletividade consiste no alicerce do sucesso do controle químico de plantas daninhas dentro dos sistemas de produção agrícola, a qual se caracteriza pelo uso eficiente no controle de plantas daninhas sem que a cultura tenha danos em seu desenvolvimento (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011). Embora a seletividade possa estar relacionada à absorção, translocação ou ao metabolismo do herbicida, esses mecanismos às vezes não esclarecem diferenças de respostas observadas entre as espécies (LIEBL e NORMAN, 1991).

Entre os herbicidas que apresentam potencial para serem utilizados no manejo de plantas daninhas na cultura do milho pipoca, destacam-se aqueles comumente utilizados em pós-emergência no milho comum. Estudos sobre a seletividade destes produtos aos híbridos de milho pipoca são necessários, sendo fundamental a avaliação do efeito de diferentes doses de herbicidas em associação, bem como a influência do estágio fenológico da cultura na ocasião da aplicação. A seguir são apresentadas informações sobre os principais herbicidas aplicados em pós-emergência do milho comum, os quais apresentam potencial para serem utilizados no milho pipoca.

O herbicida atrazine vem sendo empregado na agricultura há mais de 45 anos. Pela sua efetividade, ação prolongada e amplo espectro, é recomendado para controlar as plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas anuais nas plantações de milho, sorgo e cana-de-açúcar. Nos últimos tempos, o atrazine continua sendo um dos herbicidas mais utilizados nos países produtores de milho, como Argentina, Estados Unidos da América e Brasil (SILVA, 2002).

O sítio de ação desse herbicida é na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, mais especificamente no transporte de elétrons. Uma planta é susceptível aos herbicidas inibidores da fotossíntese se o herbicida se acoplar ao composto QB (Quinona "B") componente do sistema fotossintético e, assim, impossibilitar a ocorrência do transporte do elétron até a plastoquinona. Dessa forma, não existe a produção de ATP, pois a produção de elétrons é interrompida, bem como a produção de NADPH₂ (CHRISTOFFOLETI, 1997).

O herbicida mesotrione pertence ao grupo químico das tricetonas e atua sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenoides através da interferência na atividade da HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos, com posterior geração de estresse oxidativo, que destrói as membranas das células, levando assim as plantas à morte. O caroteno é um pigmento das plantas responsável, dentre outras funções, pela proteção da

clorofila da foto-oxidação; portanto, as plantas suscetíveis têm como sintomatologia o albinismo ("branqueamento") dos tecidos fotossintéticos. O herbicida apresenta absorção pelas folhas e raízes e translocação aposimplástica (KRAUSE, 1991).

Uma das mais recentes formas de controle de plantas daninhas é o princípio ativo tembotrione, pertencente ao grupo químico das tricetonas, que tem ação herbicida pela inibição da HPPD, que é a enzima responsável pela síntese de carotenoides nas plantas. Os carotenoides são substâncias preservadoras da clorofila, evitando sua fotodegradação. Sua ausência inviabiliza totalmente a ação da clorofila no processo da fotossíntese e, em consequência, as plantas daninhas morrem (KARAM e MELHORANÇA, 2007).

Desde o início do desenvolvimento do tembotrione, percebeu-se sua eficácia no controle de monocotiledôneas, necessitando por vezes de uma complementação para controle total de dicotiledôneas. Para controle de algumas espécies de dicotiledôneas, recomenda-se também complementação com atrazine, que possuem alta sinergia em doses baixas (CONSTANTIN et al., 2006). O mecanismo de ação deste herbicida é o mesmo descrito para o mesotrione.

O nicosulfuron é um herbicida sistêmico e seletivo para o milho, pertencente ao grupo das sulfonilureias, recomendado para aplicação em pós-emergência inicial visando ao controle de monocotiledôneas anuais e algumas perenes, bem como certas plantas daninhas dicotiledôneas (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). Este herbicida apresenta como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina. A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada ALS, que participa na fase inicial do processo metabólico, catalisando uma reação de condensação (CHRISTOFFOLETI e MENDONÇA, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados na região Sudoeste de Goiás (17°47'04.87"S; 50°57'52.56"W; a 778 m de altitude) na fazenda experimental da Universidade de Rio Verde localizada no município de Rio Verde (GO). Os experimentos foram conduzidos durante os meses de novembro de 2017 a março de 2018.

O clima para a localidade em que os experimentos foram conduzidos é do tipo Aw (classificação de Köppen), clima tropical com estação seca, caracterizado por apresentar

chuvas mais intensas no verão em comparação ao inverno. Os dados de precipitação e temperatura durante o período de condução dos experimentos estão apresentados na Figura 1.

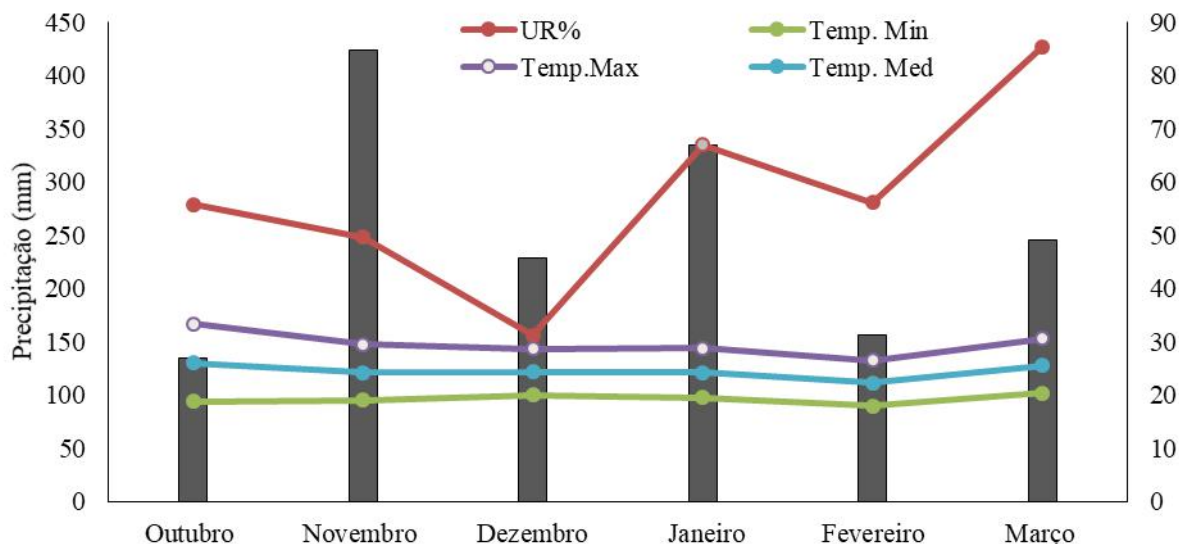


Figura 1 - Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperaturas mínima, máxima e média (°C) durante o período de condução dos experimentos com milho pipoca. Rio Verde (GO), 2017/2018.

O solo da área experimental encontrava-se sob sistema de plantio direto tendo como cultura antecessora o milho cultivado em condições de segunda safra (“safrinha”) no ano de 2017. Foi coletada amostra de solo na profundidade de 0-20 cm, a qual apresentou as seguintes características químicas: pH em CaCl_2 : 4,34; Ca: $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg: $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al: $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H + Al: $4,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; K: $0,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P (Mel): 10 mg dm^{-3} ; CTC: $7,09 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V: 32,29%; MO: $23,7 \text{ g kg}^{-1}$. Na análise de textura do solo, o mesmo foi classificado como argiloso, apresentando as seguintes proporções de argila, silte e areia: 580, 80 e 340 g kg^{-1} , respectivamente.

Antecedendo à implantação dos experimentos, foi realizada a dessecação pré-semeadura (manejo) com aplicação do herbicida glyphosate na dose de $1200 \text{ g ia ha}^{-1}$. A adubação da cultura foi realizada no dia da sementeira, utilizando o equivalente à 420 kg ha^{-1} do fertilizante 08-25-18. Na sementeira do milho pipoca, realizada no dia 18/11/2017, foram distribuídas 4,5 sementes por metro linear do híbrido VYP 212[®], pertencente a empresa norte-americana Vogel Popcorn[®], visando à obtenção de população final de 90 mil plantas ha^{-1} . O espaçamento entrelinhas de sementeira utilizado foi de 0,50 m. A emergência das plântulas de milho pipoca ocorreu no dia 23/11/2018. Foi realizada uma adubação de cobertura no estágio V8, aplicando-se 120 kg ha^{-1} de ureia.

O manejo de pragas foi realizado de forma que se pudesse prevenir a ocorrência de danos às plantas de milho pipoca, visando deixar estas expostas apenas à ação dos herbicidas. Em ambos os experimentos, todas as unidades experimentais foram capinadas durante o ciclo do milho-pipoca, a fim de eliminar o efeito da matocompetição sobre a produtividade da cultura. As unidades experimentais foram compostas por cinco linhas de semeadura com 5 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m. A área útil foi obtida levando-se em consideração as 3 linhas centrais, desconsiderando 1 m de cada extremidade, totalizando 4,5 m².

Experimento I. Associações herbicidas aplicadas em diferentes doses no milho pipoca

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, estando os tratamentos dispostos em arranjo fatorial 7 x 2. O primeiro fator constituiu-se de herbicidas utilizados no milho comum com espectro de controle sobre monocotiledôneas, sendo estes avaliados em duas doses cada: mesotrione 116 e 192 g ha⁻¹; tembotrione 76 e 100 g ha⁻¹; nicosulfuron 16 e 28 g ha⁻¹; além de um nível composto pela ausência de aplicação de herbicida. O segundo fator correspondeu à aplicação ou não de atrazine na dose de 2000 g ha⁻¹. Em todos os tratamentos, foi adicionado óleo mineral a 0,5% de v v⁻¹, sendo utilizado o produto comercial Assist[®].

As aplicações foram realizadas no dia 14 de dezembro de 2017, quando as plantas de milho pipoca estavam em estágio V4 (4 folhas completamente expandidas). Para esta operação, foi utilizado pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra com quatro pontas de pulverização tipo TT 110-02 leque simples, regulado em pressão de 300 kPa, o que proporcionou volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Na ocasião da aplicação dos tratamentos, as condições climáticas eram de: temperatura = 17°C; umidade relativa do ar = 86%; e velocidade do vento = 2 km h⁻¹.

Experimento II. Associações herbicidas aplicadas em diferentes estádios do milho pipoca

O segundo experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, sendo adotadas quatro repetições. Os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial 4 x 3 + 1, sendo o primeiro fator correspondente aos herbicidas atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹); atrazine + tembotrione (2000 + 76 g ha⁻¹); atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹); e atrazine (2000 g ha⁻¹); e o segundo a diferentes estádios de aplicação, sendo V2, V4 e V6, que correspondem a plantas de milho pipoca com 2, 4 e 6 folhas completamente expandidas, respectivamente. Em todos os

tratamentos, foi adicionado óleo mineral a 0,5% de v v⁻¹, sendo utilizado o produto comercial Assist[®]. O tratamento adicional foi constituído da ausência da aplicação de herbicidas em pós-emergência da cultura.

As aplicações no Experimento II foram realizadas nos dias 1, 14, 23 de dezembro de 2017, correspondendo aos estádios V2, V4 e V6. Para realizar as aplicações, foi utilizado o mesmo pulverizador do Experimento I, estando o equipamento regulado da mesma maneira, procedendo a aplicação dos tratamentos com volume de cada equivalente a 200 L ha⁻¹. Na ocasião das aplicações dos tratamentos nos diferentes estádios fenológicos das plantas de milho pipoca, as condições climáticas eram para V2, V4 e V6 de: temperatura = 22, 17 e 25°C; umidade relativa do ar = 80, 86 e 70%; e velocidade do vento = 3, 2 e 1,5 km h⁻¹.

Em ambos os experimentos, foram realizadas avaliações de fitointoxicação dos tratamentos herbicidas a cultura aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Para esta avaliação, foi utilizada escala percentual onde 0% correspondia a ausência de sintomas e 100 a morte total das plantas (SBCPD, 1995). Altura aos 28 DAA e na ocasião da colheita, sendo realizada a medição do colo da planta até o ápice da última folha completamente expandida e do pendão, respectivamente.

Aos 28 DAA, foram avaliadas as variáveis índice SPAD, sendo realizadas três leituras na terceira folha, contada do ápice para a base; e massa seca de parte aérea, obtida por meio da coleta do material vegetal, o qual foi acondicionado em sacos de papel e levados posteriormente para estufa de circulação forçada a ar, mantidos à temperatura constante de 65°C por 72 h, sendo realizada a pesagem do material em balança analítica. Com exceção da avaliação de fitointoxicação a cultura, para as demais utilizaram-se cinco plantas coletadas de forma aleatória.

Na colheita de ambos experimentos, avaliou-se o diâmetro de colmos, altura de inserção da espiga, massa de mil grãos e produtividade. A colheita foi realizada em 10 de março de 2018 (108 dias após a emergência). A produtividade de grãos foi determinada pela colheita das espigas e debulha manual destas, com posterior pesagem dos grãos e correção da umidade para 13%. Para determinação da massa de mil grãos, foi realizada a contagem de uma amostra com mil grãos, sendo realizada a pesagem da mesma, com correção da umidade para 13%.

As análises estatísticas do Experimento I foram realizadas com o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011), enquanto que as do Experimento II, foram desenvolvidas com o software Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2016). Os dados de todos os experimentos foram submetidos à análise de variância. Quando houve significância entre os

fatores ou entre os níveis de cada fator, aplicou-se o teste de Fisher's LSD ($p \leq 5\%$). No Experimento II, a comparação entre a testemunha sem herbicida e os demais tratamentos foi realizada por meio do teste de Dunnett ($p \leq 5\%$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I. Associações herbicidas aplicadas em diferentes doses no milho pipoca

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados do resumo da análise de variância das diferentes variáveis-respostas avaliadas no experimento realizado com associações herbicidas aplicadas em pós-emergência do milho pipoca. Efeito da interação entre os herbicidas com espectro sobre gramíneas e a utilização de atrazine só foi visualizado para a variável massa seca de parte aérea de milho pipoca.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis fitointoxicação, massa seca de parte aérea (MSPA), índice SPAD (SPAD), altura de plantas (AP) e de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD). Rio Verde (GO), 2017/2018

FV	GL	Quadrado médio (QM)					
		Fitointoxicação				MSPA	SPAD
		7	14	21	28		
Gramínea (G)	6	70,8*	135,9*	55,1*	44,7*	265,3 ^{ns}	22,3 ^{ns}
Atrazine (A)	1	100,4*	920,2*	292,6*	171,5*	486,2 ^{ns}	8,8 ^{ns}
G x A	6	8,2 ^{ns}	43,1 ^{ns}	18,6 ^{ns}	13,4 ^{ns}	602,8*	16,3 ^{ns}
Erro	39	5,0	20,3	13,4	9,0	199,3	22,1
CV (%)		28,3	31,5	41,2	44,3	24,2	9,1
		AP		AIE	DC	MMG	PROD
		28	Colheita				
Gramínea (G)	6	81,0 ^{ns}	105,3 ^{ns}	29,3 ^{ns}	0,7	56,1 ^{ns}	570923,2 ^{ns}
Atrazine (A)	1	58,0 ^{ns}	3,2 ^{ns}	97,3 ^{ns}	0,1	13,1 ^{ns}	507534,0 ^{ns}
G x A	6	77,9 ^{ns}	140,5 ^{ns}	5,9 ^{ns}	0,5	44,1 ^{ns}	552669,8 ^{ns}
Erro	39	49,0	123,3	25,6	0,3	39,0	280610,3
CV (%)		10,1	5,8	6,9	4,1	3,8	23,8

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

As variáveis-respostas em que foi observado efeito isolado dos fatores estudados no experimento foram fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA, para as quais foi visualizado efeito significativo tanto dos herbicidas com espectro sobre gramíneas, como para a utilização ou não de atrazine.

De acordo com classificação proposta por Pimentel (1985), os coeficientes de variação obtidos no experimento podem ser classificados como baixo (<10%) para as variáveis índice SPAD, altura de plantas na colheita e altura de inserção na espiga, diâmetro de colmos e massa de mil grãos; como médio (entre 10 e 20%) para altura de plantas aos 28 DAA; como alto (entre 20 e 30%) para fitointoxicação aos 7 DAA, massa seca de parte aérea e produtividade; e, por fim, como muito alto (> 30%) para fitointoxicação aos 14, 21 e 28 DAA.

Na Tabela 2, estão apresentados os dados das avaliações de fitointoxicação do milho pipoca em diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas em pós-emergência da cultura. Aos 7 DAA, os herbicidas com espectro sobre gramíneas que proporcionaram maiores níveis de intoxicação foram mesotrione (116 g ha⁻¹), tembotrione (100 g ha⁻¹) e nicosulfuron (16 g ha⁻¹), os quais se difeririam dos demais tratamentos. Apesar disto, os níveis de fitointoxicação foram considerados baixos, uma vez que não ultrapassarem o patamar de 20% (SBCPD, 1995).

Tabela 2 - Fitointoxicação (%) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas isolados e em associação. Rio Verde (GO), 2017/2018

Herbicidas (g ha ⁻¹)	7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
Mesotrione (116)	10,0	Ab	17,1	a	10,5	ab	9,4	a
Mesotrione (192)	8,6	Bc	15,0	a	8,0	bc	7,5	ab
Tembotrione (76)	8,4	Bc	16,0	a	7,4	bc	4,4	c
Tembotrione (100)	11,0	A	16,5	a	11,9	a	8,9	a
Nicosulfuron (16)	8,8	Abc	18,5	a	12,0	a	8,8	a
Nicosulfuron (28)	6,8	C	9,1	b	7,5	bc	4,5	bc
Sem herbicida	1,9	D	7,9	b	5,0	c	4,1	c
DMS	2,3		4,6		3,7		3,0	
Com atrazine	9,3	A	18,4	a	11,2	a	8,5	a
Sem atrazine	6,6	B	10,3	b	6,6	b	5,0	b
DMS	1,2		2,4		2,0		1,6	

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

Ainda aos 7 DAA, como foi realizada a aplicação dos herbicidas associados à atrazine, os níveis de fitointoxicação foram mais elevados. Os dados obtidos no presente trabalho diferem dos apresentados por Jakelaitis et al. (2005), no qual os autores observaram menores níveis de intoxicação no milho pipoca quando os herbicidas com espectro sobre gramíneas foram associados à atrazine.

Na segunda avaliação, realizada aos 14 DAA, os maiores níveis de intoxicação foram observados nas plantas que receberam aplicação de nicosulfuron (16 g ha⁻¹) e mesotrione e tembotrione, em ambas as doses. Apesar disto, os valores não ultrapassaram o patamar de 20%. Cavalieri et al. (2008), em trabalho realizado com milho comum, também observaram

baixos valores de fitointoxicação aos 14 DAA com a aplicação de nicosulfuron. Adegas et al. (2011), também, visualizaram leves sintomas de injúrias com a utilização de tembotrione, porém em trabalho realizado com milho comum.

Já O'Sullivan et al. (2002), trabalhando com diferentes híbridos de milho doce, visualizaram valores de fitointoxicação variando entre 2 e 57% quando aplicado mesotrione na dose de 200 g ha⁻¹. Esta diferença pode ser atribuída a fatores inerentes ao híbrido utilizado, pois a tolerância depende da capacidade da planta em metabolizar a molécula herbicida, o que está ligado a suas características genótípicas (FREITAS et al., 2009). Este fato demonstra, também, a necessidade de realização de estudos de seletividade para diferentes híbridos de milho pipoca.

Ainda na avaliação de 14 DAA, pode-se observar a associação dos herbicidas com espectro de controle sobre monocotiledôneas com a atrazine aumento o percentual de injúrias às plantas de milho pipoca. Este resultado é justificado pois a atrazine é um herbicida inibidor do fotossistema II, que bloqueia o transporte de elétrons entre os fotossistemas I e II, potencializando os danos nos componentes fotossintéticos do milho pipoca (CARVALHO, 2013).

Aos 21 DAA, mesotrione (116 g ha⁻¹), tembotrione (100 g ha⁻¹) e nicosulfuron (16 g ha⁻¹) proporcionaram os maiores valores em fitointoxicação. Já na avaliação de 28 DAA este comportamento foi observado nos tratamentos com mesotrione (116 e 192 g ha⁻¹), tembotrione (100 g ha⁻¹) e nicosulfuron (16 g ha⁻¹). Em ambos os casos, os níveis se mantiveram abaixo de 20%, valor considerado aceitável. A seletividade dos híbridos de milho pipoca em relação ao herbicida é atribuída a fatores genóticos aliado aos fatores edafoclimáticos.

Em relação à massa seca, analisamos dentre os tratamentos associados com e sem presença de atrazine, que o herbicida nicosulfuron (16 g ha⁻¹) proporcionou menor massa seca de planta. Dentro deste assunto, observamos que a presença da atrazine associado ao nicosulfuron (16 g ha⁻¹) proporciona uma sinergia havendo a redução da massa seca (Tabela 3).

Tabela 3 - Massa seca de parte aérea (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas isolados e em associação. Rio Verde (GO), 2017/2018

Herbicidas (g ha ⁻¹)	Massa seca				Produtividade	
	Com atrazine		Sem atrazine		Com atrazine	Sem atrazine
Mesotrione (116)	65,0	A a	51,3	A abcd	2007	2210
Mesotrione (192)	72,5	A b	43,8	B cd	2773	2238
Tembotrione (76)	56,3	A ab	63,8	A bcd	2236	2582
Tembotrione (100)	56,3	A ab	50,0	A abc	2628	2550
Nicosulfuron (16)	47,5	B ab	71,3	A a	1449	2424
Nicosulfuron (28)	71,3	A b	66,3	A ab	1679	2346
Sem herbicida	60,0	A ab	41,3	B d	2146	1903
DMS _{Linha/Coluna}	20,2				-	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na linha, e por letras minúsculas, na coluna, diferem pelo teste LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

Na Tabela 3, estão apresentados os dados de produtividade de milho pipoca em função da aplicação de herbicidas. Não foi observada diferença significativa devido à utilização dos diferentes tratamentos. Os dados observados neste trabalho corroboram com os resultados de Nicolai et al. (2006) em relação ao milho comum, para os herbicidas mesotrione e nicosulfuron. Zagonel e Fernandes (2007) citam que a utilização do herbicida tembotrione com e sem associação com atrazine não proporciona redução de produtividade, em trabalho realizado com milho comum.

Experimento II. Associações herbicidas aplicadas em diferentes estádios do milho pipoca

A análise dos dados permitiu identificar o efeito dos herbicidas na fitointoxicação das plantas de milho aos 7, 14 e 28 DAA e na altura de plantas aos 28 DAA. Os estádios de aplicação dos herbicidas exerceram influência na massa seca da parte aérea. Além disso, pôde-se observar que o comportamento da fitointoxicação aos 7 e 28 DAA, altura de plantas aos 28 DAA e diâmetro de colmo foi dependente da interação entre os herbicidas e o estágio de aplicação. Para a fitointoxicação das plantas de milho aos 7, 14, 21 e 28 DAA, além da altura de inserção de espiga, constatarem-se diferenças significativas entre o fatorial e a testemunha (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as variáveis fitointoxicação, massa seca de parte aérea (MSPA), índice SPAD (SPAD), altura de plantas (AP) e de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD). Rio Verde (GO), 2017/2018

FV	GL	Quadrado médio (QM)					
		Fitointoxicação				MSPA	SPAD
		7	14	21	28		
Herbicida (H)	3	165,8*	182,3*	24,3 ^{ns}	28,2*	117,2 ^{ns}	5,8 ^{ns}
Estádio (E)	2	15,8 ^{ns}	1,2 ^{ns}	5,6 ^{ns}	21,0 ^{ns}	2756,3*	23,4 ^{ns}
H x E	6	129,6*	36,0 ^{ns}	20,8 ^{ns}	37,8*	718,8 ^{ns}	29,8 ^{ns}
Fatorial x testemunha	1	1051,4*	698,1*	293,6*	130,2*	441,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}
Erro	36	26,7	28,3	22,1	9,6	556,4	20,6
CV (%)		33,2	41,9	57,1	56,4	34,9	8,4
		AP		AIE	DC	MMG	PROD
		28	Colheita				
Herbicida (H)	3	2,7*	55,3 ^{ns}	14,8 ^{ns}	0,7 ^{ns}	120,9 ^{ns}	99509,8 ^{ns}
Estádio (E)	2	144,3 ^{ns}	2,2 ^{ns}	8,3 ^{ns}	1,3 ^{ns}	11,4 ^{ns}	32525,5 ^{ns}
H x E	6	117,2*	33,9 ^{ns}	32,8 ^{ns}	2,0*	52,5 ^{ns}	144237,8 ^{ns}
Fatorial x testemunha	1	59,6 ^{ns}	86,1 ^{ns}	540,2*	1,7 ^{ns}	6,7 ^{ns}	786224,9*
Erro	36	49,5	43,9 ^{ns}	71,5	0,8	60,1	172516,5
CV (%)		8,3	3,3	11,7	6,4	4,7	16,1

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Na Tabela 5, foi possível observar que os herbicidas empregados proporcionaram fitointoxicação das plantas de milho pipoca aos 7 DAA, independentemente do estágio de aplicação em que estes foram utilizados. No estágio V4, no tratamento em que foi utilizado apenas atrazine, verificaram-se 6% de fitointoxicação, seguidos pela atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹) 13,8%, atrazine + tembotrione (2000 + 76 g ha⁻¹) com 15%, enquanto o tratamento com atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) obteve 28% de fitointoxicação. Estes resultados indicam o potencial da associação da atrazine + mesotrione, atrazine + tembotrione e o efeito sinérgico da atrazine + nicosulfuron, nas plantas avaliadas, em que houve maior fitointoxicação.

Tabela 5 - Fitointoxicação (%) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas em diferentes estádios. Rio Verde (GO), 2017/2018

Herbicidas (g ha ⁻¹)	7 DAA						14 DAA				
	V2		V4		V6						
Atra. + meso. (2000 + 116)	20,0	AB a*	13,8	B b*	22,0	A a*	17,6 a*				
Atra. + temb. (2000 + 76)	20,0	A a*	15,0	A b*	13,8	A b*	14,2 a*				
Atra. + nico. (2000 + 16)	16,8	B a*	28,3	A a*	17,0	B ab*	14,9 a*				
Atra. (2000)	13,8	A a*	6,0	B c	16,3	A ab*	8,3 b				
Testemunha	0,0						0,0				
DMS _{Linha/Coluna}	7,4						4,4				
DMS _{Testemunha}	10,7						10,9				
Herbicidas (g ha ⁻¹)	21 DAA						28 DAA				
	V2		V4		V6		V2		V4	V6	
Atra. + meso. (2000 + 116)	7,5		11,3*		9,8*	3,8	B b	7,5	AB a*	8,8	A a*
Atra. + temb. (2000 + 76)	10,0*		4,5		7,5	8,3	A a*	1,3	B b	4,5	AB a
Atra. + nico. (2000 + 16)	11,8*		11,3*		8,8	9,5	A a*	8,8	AB a*	5,0	B a
Atra. (2000)	8,8		6,3		9,8*	6,3	A ab	1,3	B b	6,5	A a*
Testemunha	0,0						0,0				
DMS _{Linha/Coluna}	-						4,43				
DMS _{Testemunha}	9,7						6,4				

Atra. = atrazine; meso. = mesotrione; temb. = tembotrione; nico. = nicosulfuron. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na linha, e por letras minúsculas, na coluna, diferem pelo teste LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). * Diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Este resultado comprova o baixo efeito de fitointoxicação que a atrazine apresenta para a cultura do milho pipoca, entretanto este efeito é potencializado quando associado aos inibidores de carotenoides, visto que estes herbicidas inibem a síntese de clorofila proporcionando o amarelecimento característico das folhas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011). Por outro lado, a associação da atrazine com o nicosulfuron, proporcionou as maiores intensidades de fitointoxicação, isto possivelmente se deu pelo efeito imediato da atrazine na eficiência das trocas gasosas associado à redução da produção de aminoácidos aromáticos, acarretando os sintomas identificados (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011).

O tembotrione associado com atrazine obteve maior efeito de fitointoxicação em todos os estádios avaliados (V2, V4 e V6). Este comportamento corrobora com o visualizado por Freitas (2010) que verificou que a associação entre estes herbicidas proporcionou a maior fitointoxicação no milho comum. Por outro lado, pôde-se indicar que para aplicação de atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹) o maior efeito de fitointoxicação na avaliação de 7 DAA foram obtidos em estágio V2 e V6, neste caso, o resultado obtido neste estudo contraria o encontrado por Freitas (2010), onde a associação entre ambos proporcionou os menores níveis de fitointoxicação em todos os estádios avaliados. Entretanto, como anteriormente mencionado, estas diferenças podem estar ligadas a fatores relacionados à capacidade do híbrido em se detoxificar dos radicais livres.

O tratamento com atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) o maior efeito ocorreu

em estágio V4 além da atrazine no estágio V2 e V6, este resultado é contrariado pelo encontrado por Freitas (2010). Nicolai (2004), estudando o desempenho da cultura do milho comum submetida à aplicação de herbicidas em pós-emergência, observou que nicosulfuron + atrazine provocaram maiores efeitos fitotóxicos, seguido por mesotrione + atrazine. Ainda na avaliação de fitointoxicação aos 7 DAA, constatou-se que a testemunha se diferiu de todos os tratamentos empregados, exceto com a aplicação de atrazine em estágio V4.

Para a avaliação realizada aos 14 DAA nota-se o efeito dos herbicidas na fitointoxicação da cultura, além disso, constatou-se que houve diferenças entre a testemunha e os demais tratamentos. É possível destacar que os tratamentos com mesotrione, tembotrione e nicosulfuron associados à atrazine foram semelhantes entre si e com maior fitointoxicação. Este resultado se justifica, pois, o mesotrione e tembotrione irá bloquear a HPPD que comprometerá a biossíntese de carotenoides levando a fotodegradação da clorofila a atrazine, que aliado à redução da fixação de CO₂ causada pela interrupção do transporte de elétrons irá acentuar os sintomas de fitointoxicação (FREITAS et al., 2014). Por outro lado, o tratamento com a atrazine obteve a menor fitointoxicação, assemelhando-se estatisticamente à testemunha. O resultado encontrado na aplicação da atrazine de forma isolada pode ser justificado, pois este herbicida irá inibir o transporte de elétrons.

Na avaliação de 21 DAA, destacaram-se os tratamentos com atrazine + tembotrione (2000 + 76 g ha⁻¹); atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) em V2, atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹); atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) em V4 seguido por atrazine + mesotrione e atrazine em V6, como aqueles que proporcionaram maiores notas de fitointoxicação (Tabela 5).

Já aos 28 DAA, as maiores fitointoxicações ocorreram em V2 e V6 com atrazine (2000 g ha⁻¹), V4 e V6 com atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹), e V2 e V6 com atrazine + tembotrione (2000 + 76 g ha⁻¹). Além disso, o tratamento com atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) apresentou maiores valores para a característica em estágio V2 e V4. Ainda aos 28 DAA nota-se que o tratamento com atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹) causou o menor efeito de fitointoxicação nas plantas de milho em V2, já a aplicação de atrazine + tembotrione (2000 + 76 g ha⁻¹) e atrazine (2000 g ha⁻¹) proporcionou o menor efeito fitotóxico em V4. Além disso, os resultados encontrados para os tratamentos com atrazine + tembotrione (2000 + 76 g ha⁻¹) e atrazine + nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) em estágio V2, apresentaram diferença significativa em relação à testemunha. O mesmo foi verificado para os tratamentos atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹) e atrazine e nicosulfuron (2000 + 16 g ha⁻¹) em estágio V4, além de atrazine + mesotrione (2000 + 116 g ha⁻¹) e atrazine (2000 g ha⁻¹) em

estádio V6.

Com relação à massa seca de parte aérea, observa-se que a aplicação de herbicidas nos estádios V2 e V4 proporcionou redução desta variável em relação àqueles tratamentos em que a aplicação foi realizada mais tardiamente (V6) (Tabela 6). Este comportamento pode estar relacionado ao efeito negativo que os herbicidas podem apresentar quando aplicados mais precocemente na cultura do milho pipoca.

Tabela 6 - Massa seca de parte aérea (g) de milho pipoca submetido à aplicação em pós-emergência de herbicidas em diferentes estádios. Rio Verde (GO), 2017/2018

Estádio	Massa seca de parte aérea
V2	59,1 b
V4	62,8 b
V6	83,4 a
DMS	16,9

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste LSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

A altura das plantas foi influenciada pelos tratamentos empregados apenas aos 28 DAA, além do efeito dos herbicidas foi possível observar a interação entre as fontes de variação (Tabela 7). A aplicação de atrazine (2000 g ha^{-1}) em V4 proporcionou menores alturas de plantas em relação aos demais tratamentos aplicados neste estágio. Por outro lado, a aplicação de atrazine + nicosulfuron ($2000 + 16 \text{ g ha}^{-1}$) foram dependentes do estágio de aplicação, neste caso as aplicações tardias (V6), proporcionaram plantas de maior estatura, isto confirma que plantas em estágio avançado de desenvolvimento tendem a ser mais tolerantes ao efeito herbicida. Isto pode ocorrer, pois com taxa metabólica elevada, estas plantas tendem a ter maior síntese de enzimas antioxidantes, proporcionando maior degradação das espécies reativas ao oxigênio, dessa forma, causando menor comprometimento à estatura das plantas (BARBOSA et al., 2014).

A altura de inserção de espigas não foi influenciada pelos diferentes tratamentos herbicidas. O uso de atrazine (2000 g ha^{-1}) proporcionou o menor diâmetro de colmo em V4, seguido do tratamento com atrazine + tembotrione ($2000 + 76 \text{ g ha}^{-1}$) em V6 (Tabela 7). A aplicação de atrazine (2000 g ha^{-1}) em V4 também proporcionou redução no valor desta característica. Este fato contraria o observado por Silva et al. (2017), onde a atrazine aplicada de forma isolada em milho RR2/LL[®] não influenciou o diâmetro de colmo. É importante destacar que o diâmetro do colmo é uma característica importante no cultivo de milho pipoca, visto que as plantas podem estar mais susceptíveis ao tombamento.

Tabela 7 - Altura de plantas e de inserção da espiga (cm), diâmetro de colmo (mm) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho pipoca submetido à aplicação de herbicidas em pós-emergência em diferentes estádios. Rio Verde (GO), 2017/2018

Herbicidas (g ha ⁻¹)	Altura (28 DAA)						Altura de inserção de espiga		
	V2		V4		V6		V2	V4	V6
Atra. + meso. (2000 + 116)	82,3	A a	87,4	A a	85,7	A a	73,5	71,7	66,7
Atra. + temb. (2000 + 76)	81,9	A a	85,4	A ab	84,6	A a	74,6	70,8	74,1
Atra. + nico. (2000 + 16)	80,2	B a	80,1	B ab	93,3	A a	68,3	71,3	73,8
Atra. (2000)	89,4	A a	75,8	B b	88,0	A a	72,8	69,6	71,5
Testemunha	88,5						83,6		
DMS _{Linha/Coluna}	10,1						-		
DMS _{Testemunha}	-						17,4		
Herbicidas (g ha ⁻¹)	Diâmetro de colmo						Produtividade		
	V2		V4		V6		V2	V4	V6
Atra. + meso. (2000 + 116)	13,3	A a	13,5	A ab	14,0	A ab	2747,8	2660,9	2374,9
Atra. + temb. (2000 + 76)	13,2	A a	14,4	A a	13,4	A b	2555,1	2585,5	2816,3
Atra. + nico. (2000 + 16)	14,3	A a	13,8	A ab	14,3	A ab	2728,1	2342,6	2492,4
Atra. (2000)	14,1	A a	12,8	B b	14,9	A a	2366,7	2605,6	2354,4
Testemunha	14,52						3013,9		
DMS _{Linha/Coluna}	1,3						-		
DMS _{Testemunha}	-						856,6		

Atra. = atrazine; meso. = mesotrione; temb. = tembotrione; nico. = nicosulfuron. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na linha, e por letras minúsculas, na coluna, diferem pelo teste LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). * Diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

A aplicação dos herbicidas em associação com atrazine em diferentes estádios fenológicos não proporcionaram efeitos na produtividade do milho pipoca. O resultado encontrado para as aplicações de atrazine é corroborado por Silva et al. (2017) que não encontraram diferenças em produtividade para herbicidas aplicados no milho comum em estádio V4. Por outro lado, neste mesmo trabalho citado, a aplicação de nicosulfuron em estádio V7, com doses entre 70 e 140 g ia ha⁻¹, causaram reduções na produtividade do milho comum, no entanto com doses superiores às utilizadas neste estudo.

Assim, considerando os efeitos dos herbicidas sobre a produtividade de grãos as injúrias observadas não resultaram em efeitos que pudessem comprometer o valor final da característica. Isto confirma o encontrado por alguns pesquisadores que os herbicidas empregados neste experimento causam danos ao mecanismo fotossintético da cultura do milho podendo comprometer o desenvolvimento de características morfofisiológicas da planta através das espécies reativas ao oxigênio. Entretanto as plantas tolerantes a estes herbicidas apresentam mecanismo de detoxificação recuperando-se progressivamente ao decorrer do tempo. Dessa forma, as aplicações de herbicidas em pós-emergência da cultura do milho nem sempre proporcionam reduções de produtividade, assim como o encontrado neste trabalho, o que demonstra o potencial de seletividade destes produtos.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nos experimentos, pôde-se constatar que:

Os herbicidas com espectro sobre gramíneas aplicados em associação com atrazine proporcionaram maiores injúrias às plantas de milho pipoca.

Além disso, estes herbicidas quando aplicados nas maiores dosagens causaram redução nos valores de massa seca de parte aérea das plantas de milho pipoca.

Não foram constatadas diferenças significativas para a produtividade do milho pipoca entre os tratamentos, demonstrando que as associações herbicidas podem ser utilizadas no manejo de plantas daninhas da cultura do milho pipoca em diferentes estádios de aplicação.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P. Manejo de plantas daninhas em milho safrinha em cultivo solteiro ou consorciado à braquiária ruziziensis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1226-1233, 2011.

BARBOSA, M. R.; MEDEIROS, M. de A. S.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; RANGEL, T. C. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 453-460, 2014.

CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. Lages: Editado pelo autor, 2013. 62p.

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 nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: Simpósio sobre Herbicidas e Plantas Daninhas, 1, 1997. Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa, 1997. p. 75-94.

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

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S., BLAINSKI, E.; HOMEM, L.M., Seletividade e eficácia agrônômica do novo herbicida tembotriona para a cultura do milho. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 25, 2006. Brasília. **Anais...** Brasília: UNB, v. 1, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FLETCHER, R. S.; REDDY, K. N. Random forest and leaf multispectral reflectance data to differentiate three soybean varieties from two pigweeds. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 128, p. 199-206, 2016.

FREITAS, I. L. J. **Seletividade e eficiência de herbicidas no manejo de plantas daninhas em milho pipoca**. Campos dos Goytacazes: UENF. 2010. 77f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias/Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2010.

FREITAS, I. L.; RODRIGUES, W. P.; JUNIOR, A. T. A.; FREITAS, S. P.; AMIM, R. T.; VITTORAZZI, C.; FREITAS, J. A. A. Maximum quantum yield of photosystem II to assist in the measurement of herbicide selectivity in popcorn. **Plant Science Today**, v. 1, n. 2, p. 80-85, 2014.

FREITAS, S. P.; MOREIRA, J. G.; FREITAS, I. L. J.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SILVA, V. Q. R. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho-pipoca. **Planta Daninha**, v.27, n. esp., p. 1095-1103, 2009.

GOODMAM, M. M.; SMITH, J. S. C. Botânica In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.) **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 41-78.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Controle de plantas daninhas na cultura do milho-pipoca com herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 509-516, 2005.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. Plantas Daninhas. In: CRUZ, J. C., VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). **Cultivo do milho**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. p. 294-302.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 313- 349, 1991.

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, p. 329-332, 1991.

LINARES, E. **Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ. 1987. 78f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba, 1987.

NALINI, K.; MURHUKRISHNAN, P.; CHINNUSAMY, C.; VENNILA, C. Weeds of cotton – A Review. **Agricultural Research Communication Centre**, v. 36, n. 2, p. 140-146, 2015.

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

NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, S. J. P.; MOREIRA, M. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos da adubação nitrogenada em cobertura sobre a seletividade de herbicidas à cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 279-286, 2006.

O’SULLIVAN, J.; ZANDSTRA, J.; SIKKEMA, P. Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to mesotrione. **Weed Technology**, v. 16, n. 2, p. 421-425, 2002.

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

PIMENTEL, F. G. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Edição dos autores, 2005. 592p.

SAWAZAKI, E.; FANTIN, G. M.; DUDIENAS, C.; CASTRO, G. Resistência de genótipos de milho-pipoca a doenças. **Revista de Agricultura**, v. 78, n. 1, p. 149-164, 2003.

SBCPD. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

SILVA, A. A. **Biologia e controle de plantas daninhas**. Viçosa: DFT, UFV, 2002. (CD-ROM).

SILVA, A. F. M.; ALBRECHT, A. J. P.; GIOVANELLI, B. F.; GHIRARDELLO, G. A.; DAMIÃO, V. W.; ALBRECHT, L. P.; VICTÓRIA FILHO, R. Seletividade de herbicidas isolados e em associações para milho RR2/LL[®]. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 60-66, 2017.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural and Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola: Milho**, v.13, n.1, p. 9, 2015.

SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. Integrated Weed Management. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 657-663, 1991.

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, p. 139-149, 2016.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Controle de plantas daninhas e seletividade do herbicida tembotrione na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 6, n. 2, p. 42-49, 2007.

ZIEGLER, K.E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. (Ed). **Specialty corns**. Iowa: CRC Press, 1994. p. 189-223.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam contribuir para a ampliação do entendimento no uso de herbicidas de forma seletiva na cultura do milho pipoca. Novas pesquisas posteriormente podem possibilitar e complementar a importância de moléculas de herbicidas para que novas técnicas de manejo sejam utilizadas a fim de evitar ou retardar o efeito fitotóxico na cultura do milho pipoca, tendo assim em abrangência o melhor manejo de controle das plantas daninhas.

O uso racional destas moléculas de herbicidas viabiliza as melhores medidas de controle de plantas daninhas sem proporcionar reduções na produtividade do milho pipoca ao produtor, podendo assim atender a este mercado promissor sem consequências de resíduos no grão ao consumidor final.