



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Campus Regional Montes Claros

1

ICA
INSTITUTO DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

**SELETIVIDADE DA MISTURA NICOSULFURON + ATRAZINE
EM DEZ ESPÉCIES DE TRICHOGRAMMATIDAE
(HYMENOPTERA)**

JOÃO MARCOS BATISTA CORDEIRO

MONTES CLAROS
2018

JOÃO MARCOS BATISTA CORDEIRO

**SELETIVIDADE DA MISTURA NICOSULFURON + ATRAZINE EM
DEZ ESPÉCIES DE TRICHOGRAMMATIDAE (HYMENOPTERA)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito parcial,
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientado por: Germano Leão Demolin
Leite

MONTES CLAROS
UFMG – CAMPUS MONTES CLAROS
2018

DEDICATÓRIA

Dedico a família e a vida de contínuos ensinamentos...

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo saúde e luz de discernimento.

A universidade e aos que de alguma forma a constroem.

A família pelo apoio.

Ao meu orientador e amigo pessoal Germano Demolin pelo suporte, ética e entrega para com nosso trabalho.

Aos amigos, que são a minha segunda família e minha base.

Ao Nematoides F.C., time de irmãos.

A todos que de alguma forma fizeram parte desta jornada.

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de milho *Zea mays* L. (Poaceae), sendo que esta cultura tem como a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como a principal praga, além das plantas espontâneas, sendo usual os seus controles por meio de inseticidas organossintéticos e de herbicidas. Contudo, a liberação de adultos do parasitoide de ovos da família Trichogrammatidae (Hymenoptera) é uma boa opção para o controle da *S. Frugiperda* em *Zea mays*. Entretanto, são necessários estudos para analisar a viabilidade concomitante de herbicida e desse agente de controle biológico. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da mistura dos herbicidas Gesaprim® GrDA (princípio ativo atrazine, 1,500 g ha⁻¹) + Sanson 40 SC (princípio ativo nicosulfuron, 30 g ha⁻¹) no parasitismo, emergência de fêmeas e razão sexual em dez espécies de Trichogrammatidae em teste de livre escolha. Observaram-se redução nas percentagens de parasitismo de *Trichogramma acacioi* (Brun, Moraes e Smith), *T. annulata* (De Santis), *T. atopovirilia* (Oatman e Platner), *T. bennetti* (Nagaraja e Nagarkatti), *T. bruni* (Nagaraja), *T. brasiliensis* (Ashmead), *T. demoraesi* (Nagaraja), *T. galloi* (Zucchi) e *T. soaresi* (Nagaraja) com o uso dos herbicidas nicosulfuron + atrazine, sendo que esta mistura de herbicidas foi classificada como ligeiramente nocivo (classe II - IOBC) para todas as espécies de Trichogrammatidae. O nicosulfuron + atrazine reduziu as percentagens de emergência de fêmeas de *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi*, sendo classificado como inofensivo para *T. soaresi*; ligeiramente nocivo para *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bennetti*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi* e *T. pretiosum* (Riley) e moderadamente nocivo para *T. galloi*. A razão sexual de *T. acacioi*, *T. atopovirilia*, *T. bruni*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi* foi afetada negativamente pelo uso do nicosulfuron + atrazine, recebendo a classificação como inofensivo para *T. annulata* e *T. brasiliensis* e ligeiramente nocivo para as demais espécies. Com os resultados deste trabalho, observa-se que a mistura destes herbicidas apresentou efeito repelente à oviposição em todas as espécies de Trichogrammatidae. Contudo, as que apresentaram menores reduções na oviposição ($\approx 38\%$) foram *T. annulata*, *T. pretiosum* e *T. soaresi* e as maiores ($\approx 74\%$) *T. acacioi* e *T. galloi*. Entretanto, quando se observa percentagem de fêmeas emergidas e razão sexual, *T. annulata* apresenta mais tolerante a mistura desses herbicidas do que *T. pretiosum* e *T. soaresi*. Em outras palavras, na necessidade de se liberar parasitoide de ovos de Lepidoptera concomitantemente com o uso dos herbicidas nicosulfuron + atrazine, deve-se optar pelo *T. annulata*.

Palavras-chave: Controle biológico, defensivo agrícola, Parasitoide, Plantas daninhas, *Zea mays*

ABSTRACT

Brazil is one of the largest maize *Zea mays* L. (Poaceae) producers and *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) is the main pest, moreover to the spontaneous plants. Their controls are made usual through organosynthetic insecticides and herbicides. However, Trichogrammatidae family (Hymenoptera) whose adults are parasitized of lepidopteran eggs, is a good option for the control of *S. frugiperda* in maize. However, studies are needed to analyze the concomitant viability of herbicide and this biological control agent. Therefore, the objective of this work was to study the effect of the mixture of the herbicides Gesaprim® GrDA (active principle Atrazine, 1,500 g ha⁻¹) + Sanson 40 SC (active principle Nicosulfuron, 30 g ha⁻¹) in parasitism, and sexual ratio in ten species of Trichogrammatidae in free choice test. The percentage of parasitism of *Trichogramma acacioi* (Brun, Moraes and Smith), *T. annulata* (De Santis), *T. atopovirilia* (Oatman and Platner), *T. bennetti* (Nagaraja and Nagarkatti), *T. bruni* (Nagaraja), *T. brasiliensis* (Ashmead), *T. demoraesi* (Nagaraja), *T. galloi* (Zucchi) and *T. soaresi* (Nagaraja) was reduced with the use of the herbicides nicosulfuron + atrazine, being that this herbicide mixture was classified as slightly harmful (class II - IOBC) for all species of Trichogrammatidae. Atrazine + nicosulfuron reduced the percentage of female emergences *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. Bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, *T. galloi*, and *T. soaresi*, being classified as harmless for *T. soaresi*; slightly harmful to *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bennetti*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, and *T. pretiosum* (Riley); and moderately harmful to *T. galloi*. The sex ratio of *T. acacioi*, *T. atopovirilia*, *T. bruni*, *T. demoraesi*, *T. galloi*, and *T. soaresi* was negatively affected by the use of nicosulfuron + atrazine, being classified as harmless to *T. annulata* and *T. brasiliensis* and slightly harmful to other species. With the results of this work, it is observed that the mixture of nicosulfuron + atrazine presented an oviposition repellent effect in all species of Trichogrammatidae. The lowest reductions in oviposition ($\approx 38\%$) were observed on *T. annulata*, *T. pretiosum*, and *T. soaresi*, and the largest ($\approx 74\%$) to *T. acacioi* and *T. galloi*. However, when observing the percentage of emerged and female sex ratio, *T. annulata* has more tolerance to the mixture of these herbicides than *T. pretiosum* and *T. soaresi*. In other words, in the need to release parasitoid from Lepidoptera eggs concomitantly with the use of the herbicides nicosulfuron + atrazine, one should opt for *T. annulata*.

Key words: Biological control, agricultural chemicals, Parasitoid, Weeds, *Zea mays*

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| TABELA 01 - Ovos parasitados e fêmeas emergidas (%) e razão sexual, redução (%), e classificação da “International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC)” de <i>Trichogrammatoidea annulata</i> e nove espécies de <i>Trichogramma</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) após tratamento com nicosulfuron + atrazine. 2016, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil..... | .20 |
|--|-----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALS – Enzima acetolactato sintase

ICA/UFMG - Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SAEG (UFV) - Programa de análises estatísticas e genéticas

ANOVA – Análise de Variância

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 12 |
| 2.1 A cultura do milho | 12 |
| 2.2 Controle de plantas daninhas na cultura do milho..... | 12 |
| 2.3 Lagarta do cartucho do milho e seu controle..... | 14 |
| 2.4 Interação herbicida x <i>Trichogramma</i> spp. | 14 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 16 |
| 4 RESULTADOS | 18 |
| 5 DISCUSSÃO..... | 20 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 244 |
| REFERÊNCIAS | 255 |

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L., Poaceae) é um dos cereais mais importantes em termos econômicos, plantado em larga escala no Brasil e no mundo. No entanto, as ervas daninhas podem reduzir a produtividade do milho em até 85% (CONSTANTIN *et al.* 2009; STEFANELLO JÚNIOR *et al.* 2008). Herbicidas à base de atrazine são os mais amplamente utilizados para controlar plantas dicotiledôneas no pré ou pós-emergência na cultura do milho (MENEZES *et al.* 2012a). Atrazine (classe triazine) inibe o fotossistema II causando danos irreversíveis às células da planta (CHEN *et al.* 2013). Outra classe de herbicidas que são largamente utilizados na cultura do milho é a sulfonilureia (ex.: nicosulfuron) que inibe a enzima acetolactato sintase (ALS) em plantas e microrganismos e interrompe a biossíntese de aminoácidos das cadeias ramificadas valina, leucina e isoleucina (ANDERSON; ROETH; MARTIN, 1998). O nicosulfuron é muitas vezes utilizado em formulações juntamente com os herbicidas a base de atrazine. Os herbicidas baseados em nicosulfuron são os mais comumente usados para controlar mono e dicotiledôneas em pós-emergência na cultura do milho (SILVA; SILVA, 2007). A necessidade de produtos com efeitos pós-emergência que se degradam no solo sem fitotoxicidade as culturas levou ao desenvolvimento de plantas de milho tolerantes ao glifosato, mas isso pode reduzir os benéficos em relação aos inimigos naturais (BARRY *et al.*, 1992; AMMANN, 2005; BIGLER; ALBAJES, 2011).

A lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e as ervas daninhas são as principais pragas da cultura do milho no Brasil (NETO *et al.*, 2004). Esse inseto é controlado com inseticidas que podem causar contaminação ambiental (ZANUNCIO *et al.*, 1998) o que leva à procura de métodos alternativos para o seu controle (CÉSPEDES *et al.*, 2004). Não havendo manejo adequado à lagarta-do-cartucho, esta pode causar de 20 a 70% de redução de produtividade, isto devido a sua agressividade na fase inicial da cultura (GALLO *et al.*, 2002).

Inimigos naturais, especialmente parasitóides de ovos de Lepidoptera como o *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), representam uma alternativa para o controle de *S. frugiperda* (SOARES *et al.*, 2007; PRATISSOLI *et al.*, 2008), sem a necessidade de pulverização com inseticida. Contudo, os herbicidas podem afetar o parasitismo por *Trichogramma* spp. (GIOLO *et al.*, 2005), penetrando no tegumento ou na cutícula do inseto, intoxicando-o (MALKOMES, 2000). Os efeitos dos herbicidas sobre parasitóides podem variar de acordo com a quantidade, tipo de sal e adjuvantes ou a sua mistura (GIOLO *et al.*, 2005;

STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2011). *Trichogramma* spp. vem sendo utilizado para determinar a seletividade de agroquímicos em inimigos naturais (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar o efeito da mistura dos herbicidas nicosulfuron + atrazine sobre parasitismo, emergência de fêmeas e razão sexual em dez espécies de tricogramatídeos em teste de livre escolha.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays*) (Gramineae: Poaceae), é um cereal de grande importância econômica, ocupando a posição com maior volume de produção mundial, aproximadamente 960 milhões de toneladas (CONAB, 2017). Contudo, tem-se como maior produtor desse grão os Estados Unidos da América, todavia, a área brasileira plantada com milho, no ano de 2017, foi aproximadamente de 17,6 milhões de hectares (97,8 milhões de toneladas) (CONAB, 2017). Com isso, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com produtividade média de 5,3 ton/ha, abaixo do potencial de produção desta cultura, que com a utilização de elevada tecnologia alcança capacidade produtiva superior a 16 ton/ha (IBGE, 2014). Isso ocorre pelo contraste entre agricultura empresarial - grandes propriedades rurais, emprego intensivo de tecnologia, maquinário e maior potencial genético das plantas – e agricultura familiar - pequenas propriedades, sem capacidade de investimento em tecnologia (ex.: maquinários pesados) (BÜLL; CANTARELLA, 1993; SANTOS, 2006).

2.2 Controle de plantas daninhas na cultura do milho

As plantas daninhas são as que apresentam crescimento em local indesejado, mesmo as oriundas de sementes ou estruturas reprodutivas de espécies cultivadas anteriormente, pois estas causam interferência no desenvolvimento da atual cultura na área, reduzindo a sua produtividade por competirem por água, luz, nutrientes e CO₂, além de poder ocorrer alelopatia - inibição química sobre o desenvolvimento de plantas (LORENZI, 2006; KOZLOWSKI, 1999). Além disso, o melhoramento genético de uma cultura agrícola eleva o rendimento econômico da mesma, mas, geralmente, decresce o potencial competitivo. Nesse cenário, as plantas daninhas apresentam vantagem competitiva sobre as plantas produtoras de grãos, dentro dos sistemas agrícolas, devendo-se aos fatores abióticos inerentes a adaptação das plantas daninhas e culturas agrícolas: topografia e condições edafoclimáticas da área de plantio, por isto, é importante a escolha de variedades adaptadas a região (PITELLI, 1985; OLIVEIRA e FREITAS, 2008).

Além da redução quantitativa, as plantas daninhas podem causar redução qualitativa na produção, ao contaminar sementes e grãos cultivados com sementes e restos de estruturas

vegetais (LORENZI, 2006; AGOSTINETTO *et al.*, 2015). Em cereais, podem aumentar o teor de umidade dos grãos e diminuir o valor comercial. A presença de plantas daninhas em uma lavoura pode ainda comprometer determinadas culturas agrícolas ao hospedar pragas e doenças, sendo fonte de inoculo para as culturas, exigindo o emprego de algum método de controle e diminuindo o rendimento na colheita, conseqüentemente reduzindo a eficiência agrícola (LORENZI, 2006).

Na cultura do milho, as plantas daninhas de folha larga *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) e *Ipomoea grandifolia* Dammer (Convolvulaceae), e as de folha estreita como *Brachiaria brizanta* Stapf. (Poaceae) e *B. decumbens* Stapf. (Poaceae), causam perdas na qualidade e produção de grãos, podendo inviabilizar a colheita (SEVERINO; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2006). A interferência de plantas daninhas devido a um controle inadequado pode reduzir a produtividade entre 10 a 80%, dependendo de fatores como espécies botânicas envolvidas, número de plantas por área, período de competição, estágio de desenvolvimento da cultura e condições edafoclimáticas (VARGAS; PEIXOTO; ROMAN, 2006).

O controle de plantas daninhas pode ser efetuado através do controle preventivo tais como o cultural, mecânico, biológico e químico, objetivando suprimir e/ou reduzir a infestação destas a nível aceitável para evitar danos econômicos para a lavoura comercial (VARGAS; PEIXOTO; ROMAN, 2006). Dentre os métodos de controle, o químico, por meio de herbicidas (pré ou pós-emergentes), tem sido o mais empregado devido à eficácia, rendimento operacional e melhor relação custo/benefício (DAN *et al.*, 2010), resultando em constante desenvolvimento de novas moléculas e tecnologia de aplicação, garantindo a eficiência, seletividade e redução de impactos ambientais (SANTOS, 2006).

Entre os herbicidas registrados para *Z. mays* tem-se os atrazine e nicosulfuron, de baixo custo e seletivo a esta cultura (RIZZARDI; KARAM; CRUZ, 2004). O nicosulfuron é um herbicida pós-emergente sistêmico mais utilizado no controle de gramíneas e algumas espécies dicotiledôneas infestantes da cultura do milho. Esse herbicida, do grupo das sulfonilureias, apresenta o mecanismo de ação a supressão da enzima acetolato sintase (ALS) em plantas e em micro-organismos, dificultando a biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) (ANDERSON; ROETH; MARTIN, 1998). Nicosulfuron é, geralmente, utilizado em conjunto com outros defensivos tais como atrazine, visando aumentar a eficiência de controle de algumas espécies de dicotiledôneas (DUARTE; DEUBER, 1999), o que pode elevar os riscos ao meio ambiente – ex.: < atividade microbiana do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Atrazine (classe das triazinas) é registrada para aplicação em

pré e pós-emergência de plantas daninhas em diversas culturas (BRASIL, 2014). O seu mecanismo de ação é a inibição do fotossistema II, paralisando a síntese de energia e a fotossíntese da planta, esgotando as suas reservas com a respiração e formação de radicais tóxicos, destruição da membrana celular vegetal e morte da mesma. Atrazine é sistêmico e eficiente no controle de plantas dicotiledôneas e moderado em gramíneas (CARVALHO; MORETTI; SOUZA, 2010), sendo um dos mais utilizados no mundo, com baixa capacidade adsorviva e meia vida de 15 a 100 dias no solo e, devido a isto, pode ser lixiviado causando danos ambientais (RALEBITSO; SENIOR; VERSEVELD, 2002).

2.3 Lagarta do cartucho do milho e seu controle

Dentre os insetos praga do milho destaca-se *S. frugiperda*, causando danos as folhas e, principalmente, aos cartuchos, diminuindo a capacidade fotossintética da planta com perdas de 20 a 70 % da produtividade, sendo, por isto, a principal praga desta cultura no Brasil (PENCOE; MARTIN, 1981; GALLO *et al.*, 2002). O seu controle basicamente é com inseticidas organosintéticos, elevando o custo de produção e riscos de contaminações ambientais, do produtor e do consumidor final (CRUZ, 1995). Contudo, uma possibilidade é o uso do controle biológico aplicado para o controle da *S. frugiperda*, reduzindo a aplicação de inseticidas (SOARES *et al.*, 2007).

No controle biológico da *S. frugiperda*, o parasitoide de ovos do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) se destaca devido a facilidade de criação em laboratórios, eficácia no controle e boa distribuição geográfica (ZUCCHI; MONTEIRO, 1997; PARRA; ZUCCHI, 2004). Os produtores de maior nível tecnológico, convencionais (> ½ do comércio de *Trichogramma* sp.) e orgânicos, tem utilizado esse parasitoide no controle de *S. frugiperda* no Brasil devido à redução de custos com inseticidas e menor impacto ao ambiente (GITZ, 2008).

2.4 Interação herbicida x *Trichogramma* spp.

Estudos sobre seletividade de produtos químicos à parasitoides de ovos têm recebido relevante atenção com grande volume de pesquisas (CAÑETE, 2005). A seletividade pode ser dividida em ecológica e fisiológica: a primeira refere-se ao uso de defensivos agrícolas no qual entre menos em contato com os inimigos naturais (ex.: sistêmico) e o segundo os defensivos agrícolas tem como alvos às pragas preservando os seus principais inimigos naturais

(RIPPER; GREENSLADE; HARTLEY, 1951), e, para tanto, os testes devem ser padronizados (BACCI *et al.*, 2008).

Há diferença entre herbicidas quanto a seletividade aos adultos de Trichogrammatidae (GIOLO *et al.*, 2005), a exemplo, nicosulfuron reduz o parasitismo de *T. pretiosum* e *T. atopovirilia*, provavelmente devido ao fato deste herbicida ser sistêmico, penetrando na cutícula destes parasitoides e promovendo um grau de toxicidade maior e, portanto, não sendo seletivo (MANZONI *et al.*, 2007). Por outro lado, os herbicidas em geral podem ter suas toxicidades reduzidas quando os usam após o parasitismo ter sido realizado por *T. pretiosum* e *T. atopovirilia*, mediante a proteção oferecida pelo córion do ovo ao embrião deste parasitoide, diminuindo a taxa de penetração do mesmo (MANZONI *et al.*, 2007). A utilização da mistura atrazine + nicosulfuron diminui a seletividade dos mesmos quanto aos inimigos naturais da espécie Trichogrammatidae, provocando assim diminuição de sua efetividade no controle biológico, este fato se confirma pois há uma ação dupla dos herbicidas, ou seja, a mistura irá agir tanto como sistêmica quanto de contato, porém em subdosagem essa mistura pode promover um aumento de eficácia quanto a utilização do inimigo natural *Trichogramma* spp. sobre a praga, processo que se explica pelo fenômeno de hormese (BASTOS *et al.*, 2006; STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2008; LACOUME; BRESSA; CHEVRIER, 2009; LEITE *et al.*, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Insetário George Washington Gomez de Moraes do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG), em Montes Claros, Minas Gerais, no ano de 2016. O experimento foi inteiramente casualizado com 10 espécies de Trichogrammatidae e a mistura de herbicidas nicosulfuron + atrazine. O controle usando água foi incluído para cada repetição. As 10 espécies de Trichogrammatidae foram obtidas no Insetário do ICA/UFMG, sendo nove do gênero *Trichogramma* (*T. acacioi* Brun, Moraes e Soares, *T. atopovirilia* Oatman e Platner, *T. bennetti* Nagaraja e Nagarkatti, *T. brasiliensis* Ashmead, *T. brunni* Nagaraja, *T. demoraesi* Nagaraja, *T. galloi* Zucchi, *T. pretiosum* Riley e *T. soaresi* Nagaraja) e uma do gênero *Trichogrammatoidea* (*T. annulata* de Santis), utilizando como hospedeiro alternativo para a produção do parasitoide o microlepidóptero *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), inseto-praga de produtos armazenados como farelo, farinha e fubá. A criação de imaturos de *A. kuehniella* consistiu em uma dieta a base de farelo de trigo e fubá de milho (1:1), com 3% de levedo de cerveja. Os adultos foram colocados em gaiolas para acasalamento e oviposição (PARRA; ZUCCHI, 1997).

Após a oviposição, os ovos de *A. kuehniella* foram coletados e lavados com água para eliminação de impurezas, poeira e escamas. Os ovos foram fixados em cartelas de papel cartolina com goma arábica diluída a 10% e posteriormente inviabilizados a partir da inviabilização de seu embrião pela exposição a luz ultravioleta germicida por uma hora e meia (PRATISSOLI *et al.*, 2003). A parcela experimental consistiu de uma cartela (0,5 x 5,0 cm) de papel cartolina na cor branca, com aproximadamente 45 ovos de *A. Kuehniella* (< 24 h), com um total de 200 cartelas.

Cada cartela foi submetida aos diferentes tratamentos. Os tratamentos foram a mistura de Sanson 40 SC[®] (30 g ha⁻¹, 0,06 µg/cm² do produto comercial ou 0,03 µg/cm² de ingrediente ativo por cartela) (nicosulfuron) + Gesaprim 500 Ciba-Geigy[®] (1,500 g ha⁻¹, 0,03 µL/cm² do produto comercial ou 0,015 µg/cm² de ingrediente ativo por cartela) (atrazine) e o controle (água destilada) (STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2008), depositados nas cartelas contendo os ovos de *A. kuehniella* por meio de pulverizador manual com capacidade de 580 mL, da marca Guarany[®]. As dosagens em mistura desses herbicidas são as recomendadas pelos fabricantes para uso em culturas de milho no Brasil, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Após o processo de pulverização, as cartelas foram deixadas a sombra em condições ambientais por cerca de uma hora, para a eliminação do

excesso de umidade (MORANDI FILHO *et al.*, 2008). Em seguida cada cartela foi inserida em um tubo de ensaio de dimensões de 9,0 x 1,0 cm juntamente com uma fêmea recém-emergida do parasitoide (< 24 h). Os tubos foram devidamente vedados com filme plástico PVC e mantidos em uma sala com temperatura controlada $25 \pm 4^\circ\text{C}$. O parasitismo foi permitido até a morte da fêmea de Trichogrammatidae (cerca de 6 dias).

Avaliaram-se as porcentagens de ovos parasitados (ovos enegrecidos), machos e fêmeas emergidas - a partir do dimorfismo das antenas, o macho possui antena plumosa e a fêmea possui antena clavada - e a razão sexual (proporção de machos e fêmeas).

A toxicidade do nicosulfuron foi classificada de acordo com a redução das porcentagens de ovos parasitados e de fêmeas emergidas, e da razão sexual, sendo: 1 = inofensivo (<30% de redução); 2 = ligeiramente nocivo (entre 30 à 79% de redução); 3 = moderadamente nocivo (entre 80 à 99% de redução); 4 = nocivo (> 99% de redução), como recomendado pela "International Organization for Biological Control" (IOBC) (STERK *et al.*, 1999). A redução do parasitismo e emergência de fêmeas foi calculada com a equação: % de redução = $100 - \text{média} [(\% \text{ geral do tratamento com a média inseticida} / \% \text{ geral do tratamento de controle}) \times 100]$ (MANZONI *et al.*, 2007, CARVALHO *et al.*, 2010). As análises estatísticas foram feitas usando o software SAEG (UFV). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de média de Tukey, ambos a $P < 0,05$.

4 RESULTADOS

Observou-se menores percentagens de parasitismo de *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bennetti*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi* com o uso dos herbicidas nicosulfuron + atrazine comparado à testemunha. Contudo, não diferiu ($P > 0,05$) a mistura desses herbicidas com a testemunha quanto ao parasitismo de *T. pretiosum*. A mistura de nicosulfuron + atrazine foi classificada como ligeiramente nociva (classe II) para todas as espécies de Trichogrammatidae em relação ao parasitismo pelo IOBC (Tabela 1).

O nicosulfuron + atrazine reduziu as percentagens de emergência de fêmeas de *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi*. Entretanto, a mistura desses herbicidas não afetou significativamente ($P > 0,05$) a emergência de fêmeas de *T. bennetti* e *T. pretiosum*. O nicosulfuron + atrazine foi classificado (IOBC) como inofensivo para *T. soaresi*; ligeiramente nocivo para *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bennetti*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi* e *T. pretiosum* e moderadamente nocivo para *T. galloi* quanto a percentagem de emergência de fêmeas (Tabela 1).

A razão sexual de *T. acacioi*, *T. atopovirilia*, *T. bruni*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi* foi afetada negativamente pelo uso do nicosulfuron + atrazine, sendo que esta mistura não afetou significativamente ($P > 0,05$) a razão sexual de *T. annulata*, *T. bennetti*, *T. brasiliensis* e *T. pretiosum*. O nicosulfuron + atrazine foi classificado como inofensivo para *T. annulata* e *T. brasiliensis* e ligeiramente nocivo para as demais espécies quanto a razão sexual pelo IOBC (Tabela 1).

Tabela 1 - Ovos parasitados e fêmeas emergidas (%) e razão sexual, redução (%), e classificação (Class.) da (IOBC) de *Trichogrammatoidea annulata* e nove espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) após tratamento com nicosulfuron + atrazine. 2016, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

| Espécies | Nicosulfuron+atrazine | | Controle | | IOBC | | ANOVA (<i>gl</i> = 9) | |
|--|-----------------------|-------|----------|------|-------|--------|------------------------|----------|
| | Média | EP | Média | EP | Redu. | Class. | <i>F</i> | <i>P</i> |
| Parasitismo | | | | | | | | |
| <i>T. acacioi</i> * | 17,11b | 5,21 | 69,63a | 4,70 | 75,4 | II | 45,777 | 0,00000 |
| <i>T. annulata</i> ** | 34,67b | 6,39 | 58,27a | 3,24 | 40,5 | II | 10,542 | 0,01005 |
| <i>T. atopovirilia</i> ** | 16,22b | 7,31 | 39,51a | 2,33 | 58,9 | II | 6,716 | 0,02914 |
| <i>T. bennetti</i> * | 21,46b | 5,41 | 55,56a | 2,45 | 61,4 | II | 33,812 | 0,00025 |
| <i>T. bruni</i> ** | 25,11b | 10,04 | 59,68a | 5,05 | 57,9 | II | 7,056 | 0,03264 |
| <i>T. brasiliensis</i> * | 30,67b | 7,73 | 67,50a | 3,62 | 54,6 | II | 14,097 | 0,00559 |
| <i>T. demoraesi</i> ** | 15,33b | 8,19 | 48,40a | 8,24 | 68,3 | II | 8,442 | 0,01744 |
| <i>T. galloi</i> * | 10,22b | 5,25 | 39,85a | 5,13 | 74,4 | II | 23,697 | 0,00089 |
| <i>T. pretiosum</i> ^{n.s.} | 24,00a | 5,47 | 38,52a | 2,74 | 37,7 | II | 5,093 | 0,05044 |
| <i>T. soaresi</i> ** | 28,00b | 8,83 | 44,45a | 3,19 | 37,0 | II | 5,302 | 0,04680 |
| Emergência | | | | | | | | |
| <i>T. acacioi</i> ** | 49,63b | 13,75 | 81,95a | 2,29 | 39,4 | II | 5,375 | 0,04561 |
| <i>T. annulata</i> ** | 53,20b | 11,06 | 82,54a | 3,84 | 35,5 | II | 5,889 | 0,03819 |
| <i>T. atopovirilia</i> * | 18,05b | 7,95 | 72,84a | 5,27 | 75,2 | II | 23,749 | 0,00088 |
| <i>T. bennetti</i> ^{n.s.} | 62,96a | 13,90 | 92,49a | 1,63 | 31,9 | II | 4,440 | 0,06438 |
| <i>T. bruni</i> * | 48,44b | 16,27 | 98,33a | 0,78 | 50,7 | II | 14,239 | 0,00695 |
| <i>T. brasiliensis</i> ** | 59,48b | 12,02 | 90,33a | 1,01 | 34,2 | II | 6,763 | 0,03158 |
| <i>T. demoraesi</i> * | 22,74b | 11,74 | 93,24a | 2,53 | 75,6 | II | 34,966 | 0,00023 |
| <i>T. galloi</i> * | 9,41b | 8,40 | 62,22a | 4,81 | 84,9 | III | 18,812 | 0,00189 |
| <i>T. pretiosum</i> ^{n.s.} | 70,00a | 15,27 | 100,00a | 0,00 | 30,0 | II | 3,857 | 0,08113 |
| <i>T. soaresi</i> * | 75,19b | 12,83 | 83,17a | 3,01 | 9,6 | I | 10,619 | 0,00986 |
| Razão sexual | | | | | | | | |
| <i>T. acacioi</i> ** | 0,52b | 0,14 | 0,85a | 0,02 | 38,8 | II | 5,209 | 0,04838 |
| <i>T. annulata</i> ^{n.s.} | 0,80a | 0,13 | 1,00a | 0,00 | 20,0 | I | 2,250 | 0,16785 |
| <i>T. atopovirilia</i> ** | 0,36b | 0,14 | 0,80a | 0,04 | 55,0 | II | 7,715 | 0,02149 |
| <i>T. bennetti</i> ^{n.s.} | 0,70a | 0,15 | 1,00a | 0,00 | 30,0 | II | 3,857 | 0,08113 |
| <i>T. bruni</i> ** | 0,50b | 0,16 | 0,99a | 0,01 | 49,5 | II | 10,604 | 0,01393 |
| <i>T. brasiliensis</i> ^{n.s.} | 0,80a | 0,13 | 1,00a | 0,00 | 20,0 | I | 2,286 | 0,16902 |
| <i>T. demoraesi</i> * | 0,30b | 0,15 | 1,00a | 0,00 | 70,0 | II | 21,000 | 0,00132 |
| <i>T. galloi</i> * | 0,20b | 0,13 | 0,91a | 0,02 | 78,0 | II | 30,297 | 0,00038 |
| <i>T. pretiosum</i> ^{n.s.} | 0,70a | 0,15 | 1,00a | 0,00 | 30,0 | II | 3,857 | 0,08113 |
| <i>T. soaresi</i> ** | 0,60b | 0,16 | 1,00a | 0,00 | 40,0 | II | 6,000 | 0,03679 |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de média de Tukey (* = $P < 0,01$; ** = $P < 0,05$). n.s. = não significativo pelo ANOVA ($P > 0,05$). Índice de toxicidade: classe I = inofensivo (<30% de redução), classe II = ligeiramente nocivo (entre 30 à 79% de redução), classe III = moderadamente nocivo (entre 80 à 99% de redução) e classe IV = nocivo (> 99% de redução) de acordo com o “International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants” IOBC (STERK *et al.*, 1999).

5 DISCUSSÃO

A mistura dos herbicidas nicosulfuron + atrazine apresentou, para a maioria das espécies de Trichogrammatidae, redução negativo no parasitismo ($\approx 57\%$), emergência de fêmeas ($\approx 47\%$) e razão sexual ($\approx 43\%$), em teste de livre escolha. Portanto, talvez essa mistura de herbicidas tenha ocasionado a mortalidade de fêmeas antes ou durante a oviposição ou repelência a esta última, resultando em menor emergência de fêmeas em comparação a testemunha. Por outro lado, em teste de não escolha, essa mistura de herbicidas é seletiva para a maioria desses tricogramatídeos pela baixa penetrabilidade no córion dos ovos do hospedeiro, os protegendo (LEITE *et al.*, 2017). Por outro lado, nicosulfuron + atrazine reduziu 50% a sobrevivência de todos os instares do predador *Podisus nigrispinus* Dallas (Hemiptera: Pentatomidae) (MENEZES *et al.*, 2012a).

A mistura de nicosulfuron + atrazine afetou negativamente o parasitismo de *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bennetti*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi*, apresentando possível efeito tóxico a estas fêmeas ou as repelindo e, assim, reduzindo a oviposição, sendo classificado como ligeiramente nocivo a estes. Desses, *T. acacioi* apresentou maior redução na oviposição ($\approx 75\%$) e *T. soaresi* a menor ($\approx 37\%$). Entretanto, o nicosulfuron + atrazine não diferiu da testemunha quanto ao parasitismo de *T. pretiosum*, mas também classificado como ligeiramente nocivo, com redução em torno de 38%. Callisto (tricetona), Equip Plus (sulfoniluréia), Extrazin SC (triazina), Primóleo (atrazine), Provence 750 WG (isoxazol) e Siptran 500 SC (atrazine) são inócuos e Gesaprim GRDA[®] (atrazine) e Sanson 40 SC[®] (nicosulfuron) são levemente nocivos a adultos de *T. pretiosum* (STEFANELLO JÚNIOR *et al.* 2008). Isso mostra que um mesmo grupo químico de herbicida (ex.: atrazine) ou mistura destes pode ter diferentes toxicidades aos parasitoides mediante variações não somente de suas características mas também do tipo e quantidade de sais, adjuvantes ou suas misturas (BASTOS; de ALMEIDA; SUINAGA, 2006). Larvas e pupas de *S. frugiperda* com glifosato + imazetapir, clomazona, glisofato (Gliz[®]), glifosato (Roundup Ready[®]) foram levemente nocivos para a fase de pupa de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) (CARMO *et al.* 2010). O uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas em florestas de *Eucalyptus* (Myrtaceae) e/ou de *Acacia* (Fabaceae) apresentou redução de parasitoides Ichneumonoidea (Hymenoptera) (STEINBAUER; SHORT; SCHMIDT, 2006). Formulações de herbicidas – glifosato (glicina) e surfactantes pode ter efeito neurotóxico e/ou repelente a organismos não alvos, que poderia explicar os seus impactos sobre parasitoides (TSUI; CHU, 2003). O uso de nicosulfuron + atrazine afeta também negativamente

os artrópodos presentes em superfície do solo - ácaros (Arachnida), colêmbolos detritívoros (Collembola) e formigas predadoras (Insecta) (PEREIRA *et al.*, 2004).

A percentagem de fêmeas de *T. soaresi*, *T. acacioi*, *T. annulata*, *T. atopovirilia*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi* e *T. galloi* foi reduzido com o uso de nicosulfuron + atrazine comparado a testemunha, taxada esta mistura como inofensiva para a primeira ($\approx 10\%$), ligeiramente nociva para as seis espécies seguintes ($\approx 52\%$) e moderadamente nociva para a última ($\approx 85\%$). Essa redução pode ser devida a menor oviposição e/ou mortalidade de fêmeas durante este processo, fato mais provável como já discutido, e/ou maior mortalidade em fase larval (dentro do ovo). Em testes de não escolha, nicosulfuron reduziu a emergência de fêmeas de *T. bruni* ($\approx 7\%$), mas classificada como inofensivo; e atrazine os de *T. annulata* ($\approx 16\%$) e *T. brasiliensis* ($\approx 4\%$) – inofensivo - e *T. bruni* ($\approx 74\%$) e *T. bennetti* ($\approx 31\%$) – ligeiramente nocivo -, comparada a testemunha (LEITE *et al.*, 2015; 2016). Talvez essas reduções na emergência de fêmeas desses parasitoide sejam devidas a ausência da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (LEITE *et al.*, 2017). A redução de emergência de fêmeas não é desejada, pois a oviposição ocorre apenas por estas, impactando negativamente na eficácia do controle biológico (ALENCAR *et al.*, 2000). Por outro lado, nicosulfuron + atrazine não afetou a emergência de fêmeas em *T. bennetti* ($P = 0,06$) e *T. pretiosum* ($P = 0,08$) no presente trabalho – teste de livre escolha – comparado a testemunha, mas mediante a redução média de 31%, foram classificadas como ligeiramente nocivo. Em teste de não escolha, essa mistura de herbicidas não afetou a emergência de fêmeas de *T. annulata*, *T. bennetti*, *T. bruni*, *T. brasiliensis*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi*, com redução média de 1,3%, considerada inofensiva, podendo ser devido a proteção do córion do ovo do hospedeiro e/ou capacidade destes parasitoides de se desintoxicarem (LEITE *et al.*, 2017). Mas, nesse mesmo experimento, nicosulfuron + atrazine aumentou, em média, 15% a emergência de fêmeas de *T. acacioi*, *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* (LEITE *et al.*, 2017), podendo ser relatado como o fenômeno de hormesi no qual quantidades sub-letais de um estressor beneficia um organismo (LUCKEY 1968; MORSE 1998). Hormese também é relatado em *T. pretiosum*, *T. acacioi* e *T. annulata* sob efeito de nicosulfuron, e para *T. pretiosum*, *T. demoraesi*, *T. galloi* e *T. soaresi* com atrazine, mediante maiores números de fêmeas comparado às testemunhas, em teste de não escolha (LEITE *et al.*, 2015, 2016). Isso foi observado também para outro parasitoide, *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), que a maior produção de fêmeas ocorreu com glifosato (MENEZES *et al.* 2012b). Outro ponto interessante é o confronto do atual trabalho, mistura de nicosulfuron + atrazine, em teste de livre escolha, com os de não escolha, com mistura ou não destes herbicidas. De forma geral, nota-se que os adultos de

tricogramatídeos sofrem maior impacto dos herbicidas (teste de livre escolha), principalmente quando em mistura – reduzindo a oviposição e consequentemente a emergência de fêmeas, comparado com os embriões (teste de não escolha) mediante a proteção do córion do ovo do hospedeiro, reduzindo a exposição destes a doses plenas de herbicidas.

O nicosulfuron + atrazine reduziu a razão sexual de *T. acacioi* ($\approx 39\%$), *T. atopovirilia* ($\approx 55\%$), *T. bruni* ($\approx 50\%$), *T. demoraesi* ($\approx 70\%$), *T. galloi* ($\approx 78\%$) e *T. soaresi* ($\approx 40\%$) – ligeiramente nocivo, em teste de livre escolha, comparado a testemunha. Em testes de não escolha e comparando com as testemunhas, essa mistura de herbicidas reduziu esse parâmetro biológico de *T. bennetti* ($\approx 3\%$), *T. galloi* ($\approx 2\%$) e *T. pretiosum* ($\approx 2\%$) - inofensivo; atrazine os de *T. bruni* ($\approx 67\%$) – ligeiramente nocivo, *T. atopovirilia* ($\approx 18\%$) e *T. bennettii* ($\approx 15\%$) - inofensivo; e nicosulfuron os de *T. galloi* ($\approx 6\%$), *T. bennettii* ($\approx 4\%$) e *T. pretiosum* ($\approx 2\%$) – inofensivo (LEITE *et al.*, 2015, 2016, 2017). A redução da razão sexual afeta subsequentes gerações com redução da eficiência do controle biológico (LEITE *et al.*, 2015, 2016, 2017), fato observado também para *P. elaeisis* com glifosato (MENEZES *et al.*, 2014). Por outro lado, nicosulfuron + atrazine não afetou a razão sexual, comparado a testemunha, de *T. annulata* ($\approx 20\%$) e *T. brasiliensis* ($\approx 20\%$) – inofensivo – e *T. bennetti* ($\approx 30\%$) e *T. pretiosum* ($\approx 30\%$) – ligeiramente nocivo, no presente trabalho (teste de livre escolha). Fato semelhante observado, em testes de não escolha, com essa mistura de herbicidas em *T. atopovirilia* ($\approx 6\%$) e *T. brasiliensis* ($\approx -6\%$) - inofensivo; atrazine em *T. annulata* ($\approx 0\%$), *T. acacioi* ($\approx -5\%$), *T. brasiliensis* ($\approx -4\%$), *T. galloi* ($\approx 0\%$) e *T. pretiosum* ($\approx 1\%$) - inofensivo; e nicosulfuron em *T. atopovirilia* ($\approx 4\%$) - inofensivo (LEITE *et al.*, 2015, 2016, 2017). No presente trabalho, não observou aumento da razão sexual de nenhum tricogramatídeo com a mistura de nicosulfuron + atrazine comparado a testemunha. Contudo, em testes de não escolha, essa mistura incrementou (inofensivo-IOBC) a razão sexual de *T. acacioi* ($\approx 18\%$), *T. annulata* ($\approx 13\%$), *T. bruni* ($\approx 16\%$), *T. demoraesi* ($\approx 10\%$) e *T. soaresi* ($\approx 11\%$); atrazine os de *T. demoraesi* ($\approx 14\%$) e *T. soaresi* ($\approx 14\%$); e nicosulfuron os de *T. acacioi* ($\approx 19\%$), *T. annulata* ($\approx 14\%$), *T. bruni* ($\approx 16\%$), *T. demoraesi* ($\approx 13\%$) e *T. soaresi* ($\approx 10\%$) (LEITE *et al.*, 2015, 2016, 2017). A ausência de efeito de nicosulfuron + atrazine, juntos ou isolados, na razão sexual de algumas espécies de Trichogrammatidae pode ser devido a proteção destes inimigos naturais obtidos pelo córion do ovo do hospedeiro (STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2011). Uma hipótese alternativa é que espécies diferem em suas capacidades de desintoxicação. Claramente, isto é difícil de generalizar sobre efeito de nicosulfuron + atrazine ou estes isolados. Por exemplo, a taxa de emergência de *Aedes (Stegomyia) aegypt* (L.) (Diptera: Culicidae) foi maior com aplicação de

atrazine do que com glifosato (herbicida sistêmico) ou no tratamento controle, e de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) foi maior com atrazine comparado ao glifosato (BARA; MONTGOMERY; MUTURI, 2014). Para ambas as espécies de mosquitos, a distorção da razão sexual com viés masculino foi observado nos tratamentos controle e glifosato, mas não com atrazine, e o período de emergência para ambos os sexos foi maior no tratamento com atrazine do que no tratamento com glifosato ou controle (BARA; MONTGOMERY; MUTURI, 2014). Assim, esse herbicida amplamente utilizado pode influenciar os traços da história de vida dos insetos, mas não de uma maneira altamente previsível.

6 CONCLUSÃO

A mistura de nicosulfuron + atrazine foi ligeiramente nocivo a todas as espécies de Trichogrammatidae por reduzir a oviposição devido a repelência das fêmeas – fato mais provável – e/ou morte destas. As menores reduções na oviposição ($\approx 38\%$) ocorreram em *T. annulata*, *T. pretiosum* e *T. soaresi* e as maiores ($\approx 74\%$) em *T. acacioi* e *T. galloi*. Entretanto, quando se observa percentagem de fêmeas emergidas e razão sexual, *T. annulata* apresenta mais tolerante a mistura desses herbicidas do que *T. pretiosum* e *T. soaresi*. Em outras palavras, na necessidade de se liberar parasitoide de ovos de Lepidoptera concomitantemente com o uso dos herbicidas nicosulfuron + atrazine, deve-se optar pelo *T. annulata* ou, o mais indicado, liberar ao menos 48 h os parasitoides antes da aplicação destes defensivos agrícolas, reduzindo o impacto sobre o parasitismo.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; da SILVA, A. A. Manejo de plantas daninhas. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 234-255.
- ALENCAR, J. A. D.; HAJI, F. N. P.; OLIVEIRA, J. V. D.; MOREIRA, A. N. Biology of *Trichogramma pretiosum* Riley in eggs of *Sitotroga cerealella*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1669-1674, ago. 2000.
- AMMANN, K. Effects of biotechnology on biodiversity: herbicide-tolerant and insect resistant GM crops. **Trends in Biotechnology**, Cambridge, v. 23, n. 8, p. 388-394, ago. 2005.
- ANDERSON, D. D.; ROETH, F. W.; MARTIN, A. R. Discovery of a Primisulfuron-Resistant Shattercane (*Sorghum bicolor*) Biotype. **Weed Technology**, Washington, v. 12, n. 1. p. 74-77, mar. 1998.
- BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; SILVA, E. M.; MARTINS, J. C.; CHEDIAK, M.; SENA, M. E. Insecticide physiological selectivity to natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Brassicae. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 2045-2051, dez. 2008.
- BARA, J. J.; MONTGOMERY, A.; MUTURI, E. J. Sublethal effects of atrazine and glyphosate on life history traits of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, Berlin, v. 113, n. 8, p. 2879-2886, mai. 2014.
- BARRY, G.; KISHORE, G.; PADGETTE, S.; TAYLOR, M.; KOLACZ, K.; WELDON, M.; RE, D.; EICHHOLTZ D.; FINCHER K.; HALLAS L. Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. **American Society of Plant Physiologists**, Auburn, p. 139-145, jan. 1992.
- BASTOS, C. S.; de ALMEIDA, R. P.; SUINAGA, F. A. Selectivity of pesticides used on cotton (*Gossypium hirsutum*) to *Trichogramma pretiosum* reared on two laboratory-reared hosts. **Pest Management Science**, New York, v. 62, n. 1, p. 91-98, nov. 2006.
- BIGLER, F.; ALBAJES, R. Indirect effects of genetically modified herbicide tolerant crops on biodiversity and ecosystem services: the biological control example. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, Berlin, v. 6, n. 1, p. 79-84, mar. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Consulta de Produtos Formulados/2014. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 20 abril 2018.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade, Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301 p.

CAÑETE, C. L. **Seletividade de inseticidas a espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2005. 106 p. Tese de doutorado (Doutorado em Entomologia), UFPR, Curitiba, 2005.

CARVALHO, F. T.; MORETTI, T. B.; SOUZA, P. A. Eficácia e seletividade de associações de herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 9, n. 1, p. 35-41, mai./ago. 2010.

CARVALHO, G. A.; GODOY, M. S.; PARREIRA, D. S.; REZENDE, D. T. Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 36, p. 10-15, jan./jun. 2010.

CÉSPEDES, C. L.; TORRES, P.; MARIN, J. C.; ARCINIEGAS, A.; de VIVAR, A. R.; PÉREZ-CASTORENA, A. L.; ARANDA, E.. Insect growth inhibition by tocotrienols and hydroquinones from *Roldana barba-johannis*. **Phytochemistry**, Cambridge, v. 65, n. 13, p. 1963-1975. jul. 2004.

CHEN, JIAN; SUN, S.; LI, C. Z.; ZHU, Y. G.; ROSEN, B. P. Biosensor for organoarsenical herbicides and growth promoters. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 48, n. 2, p. 1141-1147, dez. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Acompanhamento da safra brasileira – grãos. Disponível em: <www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1262_54f29092624aa2bd6e6b038e138d2ee4> Acesso em: 20 abr. 2018.

CONSTANTIN, J.; JÚNIOR, R. S. D. O.; INOUE, M. H.; CAVALIERI, S. D.; de ARANTES, J. G. Z. Sistemas de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento e na produtividade da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 125-135, jul. 2009.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica. Sete Lagoas. EMBRAPA-CNPMS. 1995. 45 p.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. 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**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 388-393, out./dez. 2010.

do CARMO, E. L.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; VIEIRA, S. S.; GOULART, M. M. P.; CARNEIRO, T. R. Selectivity of pesticides used in soybean crops to *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) pupae. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 283-290, 2010.

DUARTE, A. P.; DEUBER, R. Levantamento de plantas infestantes em lavouras de milho “safrinha” no Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 297-307, jan. 1999.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GIOLO, F. P.; GRÜTZMACHER, A. D.; PROCÓPIO, S. O.; MANZONI, C. G.; LIMA, C. A. B.; NÖRNBERG, S. D. Seletividade de formulações de glyphosate a *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n.3, p. 458-462. 2005.

GITZ, A. La industria de biocontrol em Brasil. **New AG International**, p. 16-21, Dec. 2008. Disponível em: <www.newaginternational.com/index.php/en/>. Acesso em: 30 mar. 2010.
apud DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; SANTANA, D. P. Impactos econômicos do uso de vespa *Trichogramma* na produção de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO da Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 4., 2010, Goiânia. **Anais de congresso**. Disponível em: <www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/865789/1/0395.pdf> Acesso em: 24 de maio de 2018.

HASSAN, S.; ABDELGADER, H. A. Sequential testing program to assess the side effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **IOBC WPRS BULLETIN**, Tunis, v. 24, n. 4, p. 71-82, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil, 2014. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201403comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201403comentarios.pdf).

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n.2, p. 213-220, ago. 1999.

LACOUME, S.; BRESSA, C.C.; CHEVRIER, C. Male hypofertility induced by Paraquat consumption in the nontarget parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Biological Control**, Tours, v. 49, n. 3, p. 214-218, jun. 2009.

LEITE, G. L. D.; PAULO, P. D. D.; ZANUNCIO, J. C.; ALVARENGA, A. C.; SOARES, M. A.; TAVARES, W. D. S.; TUFFI-SANTOS, L. D.; SPÍNOLA-FILHO, P. R. D. C. Effects of atrazine-based herbicide on emergence and sex ratio of Trichogrammatidae (Hymenoptera). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 98, n. 3, p. 899-902, set. 2015.

LEITE, G. L.; de PAULO, P. D.; ZANUNCIO, J. C.; TAVARES, W. D. S.; ALVARENGA, A. C.; DOURADO, L. R.; SOARES, M. A. Herbicide toxicity, selectivity and hormesis of nicosulfuron on 10 Trichogrammatidae (Hymenoptera) species parasitizing *Anagasta* (= *Ephestia*) *kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, Fairfax, v. 52, n. 1, p. 70-76, out. 2016.

LEITE, G. L.; de PAULO, P. D.; ZANUNCIO, J. C.; TAVARES, W. D. S.; ALVARENGA, A. C.; DOURADO, L. R.; BISPO, E. P. R.; SOARES, M. A. Nicosulfuron plus atrazine herbicides and Trichogrammatidae (Hymenoptera) in no-choice test: selectivity and hormesis. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 99, n. 5, p. 589-594, out. 2017.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 2006. 6.ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 339p.

LUCKEY, T. D. Insecticide hormoligosis. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 61, n. 1, p. 7-12, 1968.

MALKOMES, H. P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities: a review. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart-Hohenheim, v. 17, n. 34, p.781-789, mar. 2000.

MANZONI, C. G.; GRÜTZMACHER, A. D.; GIOLO, F. P.; HÄRTER, W. DA R.; CASTILHOS, R. V.; PASCHOAL, M. D. F. Seletividade de agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitoides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma*

atopovirilia Oatan & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Bioassay**, Londrina, v. 2, n. 1, p.1-11, nov. 2007.

MENEZES, C. W. G.; SANTOS, J. B.; ASSIS JÚNIOR, S. L.; FONSECA, A. J.; FRANÇA, A. C.; SOARES, M. A.; FERNANDES, A. F. Selectivity of atrazin and nicosulfurom to *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 327-334, abr./jun. 2012a.

MENEZES, C. D.; SOARES, M. A.; SANTOS, J. B.; ASSIS JÚNIOR, S. L.; FONSECA, A. J.; ZANUNCIO, J. C. Reproductive and toxicological impacts of herbicides used in *Eucalyptus* culture in Brazil on the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Weed Research**, Reading, v. 52, n.6, p. 520-525, ago. 2012b.

MENEZES C. W. G.; SOARES, M. A.; FONSECA, A. J.; dos SANTOS, J. B.; CAMILO, S. D. S.; ZANUNCIO, J. C. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) as an indicator of toxicity of herbicides registered for corn in Brazil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 74, n. 3, p. 361-365, set. 2014.

MICHELOTTO, M. D.; FINOTO, E. L.; MARTINS, A. L. M.; DUARTE, A. P. Interação entre transgênicos (Bt) e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho-safrinha. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 1, p. 71-79, jan./mar. 2011.

MORANDI FILHO, W. J.; MULLER, C.; LIMA, C. A. B.; WARTER, W. R.; GIOLO, F. P.; GRUTZMACHER, A. D. Avaliação de metodologias para testes de seletividade de inseticidas reguladores de crescimento a *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) na cultura da macieira em condições de laboratórior. **Idesia**, Arica, v. 26, n. 3, p. 79-85, dez. 2008.

MORSE, J. G. Agricultural implications of pesticide-induced hormesis of insects and mites.

Human & Experimental Toxicology, Thousand Oaks, v. 17, n. 5, p. 266–269, mai. 1998.

NETO, M.; DA COSTA, F.; CRUZ, I.; ZANUNCIO, J. C.; SILVA, C. H. O.; PIKANÇO, M. C. Parasitism by *Campoletis flavicincta* on *Spodoptera frugiperda* in corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1077-1081, nov. 2004.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 33-46, jan./mar. 2008.

OLIVEIRA, T. A.; SANTOS, J. B.; CARMELO, J. N.; BOTELHO, R. G.; LÁZARI, T. M. Efeito da interação do nicosulfuron e chlorpyrifos sobre o banco de sementes e os atributos microbianos do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 563-570, mar. 2009.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**, Piracicaba: FEALQ, 1997, 354 p.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* no Brasil: viabilidade de uso após vinte anos de pesquisa. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.3, p.271-282, 2004.

PENCOE, N. L.; MARTIN, P. B. Development and reproduction of fall armyworms on several wild grasses. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 10, n. 6, p. 999-1002, dez. 1981.

PEREIRA, J.L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A.A.; BARROS, E.C.; XAVIER, V.M.; GONTIJO, P.C. Effects of herbicide and insecticide interaction on soil entomofauna under maize crop. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, Champlain, v.40, n.1, p.43-52, 2004.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, set. 1985.

PRATISSOLI, D.; VIANNA, U.R; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Efeito do armazenamento de ovos de *Anagasta kuehniella*, (LEP.: PYRALIDAE) nas características biológicas de três espécies de *Trichogramma* (HYM.: TRICHOGRAMMATIDAE). **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n.287, p.95-105, jan. 2003.

PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTZ, A. M.; DALVI, L. P.; SILVA, A. F.; SILVA, L. N. Selection of *Trichogramma* species for controlling the diamondback moth. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 259-261, abr./jun 2008.

RALEBITSO, T. K.; SENIOR, E.; VERSEVELD, H. W. V. Microbial aspects of atrazine degradation in natural environments. **Biodegradation**, Amsterdam, v.13, n.1, p.11-19, 2002.

RIPPER, W. E.; GREENSLADE, R. M.; HARTLEY, G. S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 44, n. 4, p. 448-459, 1951.

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

SANTOS, J. P. **Controle de pragas durante o armazenamento de milho**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006, 20 p.

SEVERINO, F. J.; S. J. P. CARVALHO; P. J. CHRISTOFFOLETI. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II- Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n.1, p. 45-52, 2006.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**, Viçosa: UFV, 2007. 260 p.

SOARES, M.A.; LEITE, G.L.D.; ZANUNCIO, J.C.; ROCHA, S.L.; DE SÁ, V.G.M.; SERRÃO, J.E. Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v.35, n.3, p.314-318; 2007.

STEFANELLO JÚNIOR, G. J.; GRÜTZMACHER, A. D.; GRÜTZMACHER, D. D.; LIMA, C. A. B.; DALMAZO, D. O.; PASCHOAL, M. D. F.; Seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho a adultos de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.2, p.343-351, 2008

STEFANELLO JR, G. J.; GRUTZMACHER, A. D.; PASINI, R. A.; BONEZ, C.; MOREIRA, D. C.; SPAGNOL, D. Selectivity of herbicides registered for corn at the immature stages of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 1069-1077, 2011.

STEINBAUER, M. J.; SHORT, M. W.; SCHMIDT, S. The influence of architectural and vegetational complexity in eucalypt plantations on communities of native wasp parasitoids: towards silviculture for sustainable pest management. **Forest Ecology and Management**, Canberra, v. 233, n. 1, p. 153-164, set. 2006.

STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J. N. M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J. J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioControl**, Dordrecht, v. 44, n. 1, p. 99-117, 1999.

TSUI, M. T. K.; CHU, L. M. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. **Chemosphere**, Hong-Kong, v. 52, n. 7, p. 1189-1197, ago. 2003.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura de milho**, 61. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006, 20 p.

ZANUNCIO, T. V.; TORRES, J. B.; ZANUNCIO, J. C.; SANTOS, G. P. Ciclo de vida e reprodução de *Podisus distinctus* (Stal) (Heteroptera, Pentatomidae) alimentado com dois tipos de presas. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 41, n. 2-4, p. 335-337, 1998.

ZUCCHI, R. A.; MONTEIRO, R. C. O gênero *Trichogramma* na América do Sul. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.) ***Trichogramma e o controle biológico aplicado***, Piracicaba, p.41-46, 1997.