



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**



ARTHUR CARLOS DE OLIVEIRA

**PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS APLICADOS EM DIFERENTES ESPECTROS DE
GOTAS, E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOBRE A DIVERSIDADE DE
POLINIZADORES NO GIRASSOL**

**Uberlândia - MG
Dezembro - 2018**

ARTHUR CARLOS DE OLIVEIRA

**PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS APLICADOS EM DIFERENTES ESPECTROS DE
GOTAS, E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOBRE A DIVERSIDADE DE
POLINIZADORES NO GIRASSOL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Arantes
Rodrigues da Cunha

Uberlândia –MG
Dezembro – 2018

ARTHUR CARLOS DE OLIVEIRA

**PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS APLICADOS EM DIFERENTES ESPECTROS DE
GOTAS, E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOBRE A DIVERSIDADE DE
POLINIZADORES NO GIRASSOL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha
Orientador

Agronec. Roxanna Patricia Palma Leon
Membro da Banca

Eng. Agríc. Heli Heros Teodoro de Assunção
Membro da Banca

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1 Área de estudo	5
2.2 Procedimentos	7
2.2.1 Diversidade de Polinizadores	7
2.2.2 Análises dos dados	8
3. RESULTADOS	8
4. DISCUSSÃO	11
5. CONCLUSÕES	13
REFERÊNCIAS	14

RESUMO

A polinização mediada por abelhas contribui tanto para a manutenção da diversidade vegetal como para o incremento da produção agrícola. Estudos demonstram um declínio dessas populações, o que pode estar ligado ao uso indiscriminado de produtos fitossanitários, principalmente inseticidas, herbicidas e fungicidas. Estes produtos podem ser aplicados em diferentes espectros de gota, alterando o seu destino ambiental. O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura importante economicamente, e que demanda tanto o uso destes produtos, como possui uma grande necessidade de polinizadores. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes produtos fitossanitários, aplicados em diferentes espectros de gota, sobre a diversidade de polinizadores. O estudo foi realizado na Fazenda Água Limpa, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, constituído de 3 defensivos (Fungicida, herbicida e inseticida) e 2 espectros de gota (fina e extremamente grossa) mais um tratamento adicional (testemunha) sem qualquer aplicação, com 4 repetições. As observações dos polinizadores, assim como sua identificação e contagem do número de visitas, ocorreram no período da manhã, durante 4 dias consecutivos após as aplicações, no estágio de floração R_{5,5}. *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Paratrigona lineata* foram os principais polinizadores em todos os tratamentos, sendo essa última a mais abundante. Para *Apis mellifera*, todos os produtos tiveram o mesmo efeito, sendo que gotas finas resultaram em menores impactos na visitação. Em relação a testemunha todos os tratamentos que receberam aplicação foram afetados negativamente. Ao contrário de *A. mellifera*, *Trigona spinipes* não foi afetada por nenhum dos fatores e também não se diferenciou da testemunha. *Paratrigona lineata* apresentou resultados intermediários, variando de acordo com o produto e forma de aplicação. Esses resultados demonstram que independente da finalidade dos produtos fitossanitários, todos podem afetar as abelhas, e que a forma de aplicação pode minimizar esses efeitos dependendo da espécie.

Palavras-Chave: *Helianthus annuus*; Polinização por abelhas; Produtos fitossanitários; Tecnologia de aplicação; Espectros de gota.

ABSTRACT

Bee-mediated pollination contributes both to the maintenance of plant diversity and to increased agricultural production. Studies have shown a decline in bee populations, which may be linked to the indiscriminate use of pesticides, mainly insecticides, herbicides and fungicides. These can be applied in different droplet spectra changing their environmental fate. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is an economically important crop that demands both the use of these products and the great need for pollinators. Thus, this study aimed to evaluate the effect of different pesticides, applied in different droplet sizes, on sunflower pollinators diversity. The study was carried out at Água Limpa Farm, belonging to the Universidade Federal de Uberlândia, in a randomized block design, with a 3x2+1 factorial scheme, consisting of 3 pesticides (fungicide, herbicide and insecticide) and 2 droplet spectra (thin and extremely thick) plus one additional treatment (control) without any application, with 4 replications. The pollinators observation, as well as their identification and counting of the number of visits, occurred in the morning, during 4 consecutive days after the applications, in the flowering stage R_{5.5}. There was no difference in richness, *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* and *Paratrigona lineata* were present in all treatments, and *P. lineata* was the most abundant species. For *A. mellifera*, all pesticides had the same effect, with thin droplets resulting in lower impacts on visitation. Compared to the control, all treatments that received application were negatively affected. Unlike *A. mellifera*, *T. spinipes* was not affected by any of the factors and did not differ from the control. *P. lineata* presented intermediate results, varying according to the product and method of application. Results demonstrate that regardless the pesticide type, all of them can affect bees, but the method of application can minimize these effects depending on the species.

Keywords: *Helianthus annuus*; Bee pollination; Pesticides; Application technology; drop spectra.

1. INTRODUÇÃO

A polinização constitui-se como um dos principais serviços ecossistêmicos do planeta, assegurando tanto a manutenção da variabilidade genética entre as espécies vegetais, como a produção e a qualidade de diversas culturas agrícolas (KREMEM et al., 2005; BREEZE et al., 2011). As abelhas destacam-se como os principais agentes polinizadores de diversas espécies nativas e cultivadas, pelo fato dos adultos e das suas crias dependerem de pólen e néctar para alimentação (RASMUSSEN et al., 2010), exigindo assim um grande número de visitas florais para garantir esses recursos (CORBET et al., 1991).

Particularmente no caso dos ecossistemas agrícolas foi estimado que mais de 75% dos cultivos mundiais são polinizados por alguma espécie de abelha (KLEIN et al., 2007) e que, comprovadamente, a riqueza e a abundância das comunidades de abelhas estão associadas ao aumento da produtividade em diferentes cultivos (GREENLEAF & KREMEN, 2006; VILHENA et al., 2011). Além disso, os polinizadores melhoram a qualidade dos frutos e, conseqüentemente, o valor econômico da produção agrícola (GARRATT et al., 2014; KLATT et al., 2014), contribuindo com cerca de 212 bilhões de dólares ao ano (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012).

Estudos demonstram que mesmo em espécies vegetais autógamas, onde não há necessidade obrigatória de polinização cruzada, a polinização mediada por abelhas confere uma estabilidade ou o aumento de vigor nas sementes (SILVA, 2000). Para estas espécies também foi verificado uma maior produtividade e qualidade de frutos e sementes, além da redução nos índices de má formação, aumento no teor de óleo e outras substâncias extraídas dos frutos (MARCHINI, 1994). Observa-se também uma diminuição no ciclo de algumas culturas agrícolas e uniformização no amadurecimento dos frutos, reduzindo perdas durante a colheita (WILLIAMS et al., 1991; MARCHINI, 1994). Por proporcionarem esses efeitos positivos, a presença de polinizadores é cada vez mais requisitada nos principais cultivos agrícolas

mundiais.

Contudo, nos últimos anos, estudos têm demonstrado um declínio nas populações de abelhas e outros grupos de polinizadores tanto em áreas agrícolas quanto em áreas naturais (BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010). Este declínio foi primeiramente observado para *Apis mellifera* L., nos Estados Unidos e Europa (BECHER et al., 2013), em um fenômeno conhecido como “Colony Collapse Disorder” (CCD), caracterizado pela diminuição rápida das populações de adultos dentro da colmeia, sem nenhum motivo relacionado a falta de alimento ou mesmo por ataque de outros insetos (VANENGELSDORP et al., 2009). No mundo, estudos apontam o desaparecimento também de espécies de abelhas nativas (CAMERON et al., 2011), inclusive no Brasil (LOPES et al., 2005; KERR et al., 2005).

Estudos foram realizados para se investigar as possíveis causas tanto do fenômeno CCD relacionado a *Apis mellifera*, como também do desaparecimento das abelhas nativas. O uso indiscriminado e irracional de produtos fitossanitários para combate de pragas foi apontado como uma das principais causas desse fenômeno de desaparecimento (FREITAS et al., 2009; ROCHA & ALENCAR, 2012; NAKASU et al., 2014). O Brasil se destaca pelo grande consumo de produtos fitossanitários. Estima-se que o consumo anual desses produtos no país seja superior a 300 mil toneladas, e que nos últimos 40 anos o uso desses produtos tenha crescido cerca 700%, ao mesmo tempo em que a área agrícola aumentou por volta de apenas 80% (SPADOTTO et al., 2004).

Os produtos fitossanitários, também conhecidos como agrotóxicos, pesticidas, praguicidas ou defensivos agrícolas, são substâncias ou misturas de substâncias químicas utilizadas como forma de prevenir, destruir, repelir ou inibir a ocorrência ou efeito de organismos vivos capazes de prejudicar as lavouras agrícolas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000). Esses produtos podem ser classificados segundo a sua finalidade em diversos tipos, dentre os principais estão: herbicidas, fungicidas, acaricidas e inseticidas

(SILVA & COSTA, 2012).

Dentre esses, os inseticidas teriam efeito tóxico agudo sobre as abelhas, levando a morte imediata (HASSANI et al., 2005). Estes produtos teriam forte efeito em abelhas de comportamento social, afetando seu comportamento de forrageamento, interferindo na capacidade de comunicação entre elas, impedindo o repasse da informação sobre a localização da fonte de alimento de uma abelha para outra (GODFRAY et al., 2014). Estão associados também a problemas sobre a memória de navegação das abelhas, fazendo com que se desorientem e se percam, não conseguindo voltar para seus ninhos, morrendo posteriormente longe de seus locais de origem, não conseguindo repassar a informação sobre a fonte de recurso (MALASPINA et al., 2008).

Estando também associados a efeitos depressivos no sistema imunológico das abelhas, as expõem a parasitas que estariam as levando a morte (ROCHA & ALENCAR, 2012). Mesmo herbicidas e fungicidas, produtos criados para controle de plantas daninhas e fungos fitopatogênicos, mostraram de alguma forma afetar as abelhas, estando associados à diminuição no número de visitas de polinizadores às flores de diversos cultivos (SOLOMON & HOOKER, 1989), ou mesmo causar inviabilidade do pólen (GRANT, 1982).

Em grande parte das vezes, durante o processo de aplicação desses produtos dá-se uma alta importância ao produto fitossanitário e uma baixa atenção à forma com que o mesmo será aplicado. No entanto, deve-se também conhecer a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando suas perdas (MATTHEWS, 2002; CUNHA et al., 2005). Essas aplicações ocorrem principalmente via pulverização, sendo esse um processo mecânico de formação de gotas a partir de uma calda composta pelo defensivo e um líquido, geralmente água (MINGUELA & CUNHA, 2010).

Deriva, deposição e cobertura, constituem-se como os principais fatores dependentes da amplitude do tamanho de gotas produzidas pelo pulverizador (CUNHA et al., 2005). Gotas

pequenas possuem excelente cobertura no alvo, entretanto não apresentam adequada deposição em grande parte das superfícies da planta, por serem propensas à deriva. Já gotas maiores possuem deposição melhor (menos propensas à deriva) mas podem resultar em uma cobertura inadequada (BODE & BUTLER, 1983). Pouco se sabe sobre o efeito desses diferentes tamanhos de gota sobre insetos polinizadores.

Apesar dos efeitos negativos do uso dos produtos fitossanitários, principalmente relacionados aos insetos polinizadores, esses produtos ainda são de grande necessidade para a produção agrícola mundial, sendo uma importante ferramenta para suprir a alta demanda mundial de alimentos (ECPA, 2008). Esses produtos são requeridos principalmente em cultivos extensivos, monoculturas, dentre as quais se encaixa a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) (ECPA, 2008). O girassol é uma das principais culturas produtoras de óleo vegetal comestível cultivada no Brasil, tendo sua produção para safra 2018/2019 estimada em 152 mil toneladas de grãos (ROSSI, 1997; CONAB, 2018). Estando relacionada a qualidade do seu óleo e o aproveitamento dos subprodutos da extração na elaboração de rações, além de possuir um mercado crescente na produção de biocombustíveis (ROSSI, 1997; PORTO et al., 2007). Minas Gerais é o maior Estado produtor da região Sudeste, cerca de 11 mil toneladas, concentrando-se na época de entressafra, constituindo uma alternativa rentável nesse período (SILVA et al., 2007; CONAB, 2018).

O girassol é uma espécie alógama, ou seja, depende diretamente da polinização cruzada, mediada principalmente por abelhas, para a formação de sementes (SILVA et al., 2007). Dentre os polinizadores destacam-se as espécies sociais de médio e pequeno porte, principalmente *Apis mellifera*, e *Trigona spinipes* F. (MACHADO & CARVALHO, 2006; GREENLEAF & KREMEN, 2006). O processo de autopolinização pode ocorrer caso não ocorra a polinização cruzada (FREE, 1993), mas o processo de polinização cruzada mediado por abelhas garante um incremento na produtividade da cultura (DE OLIVEIRA et al., 2018).

A cultura do girassol demanda uma grande necessidade de agentes polinizadores e também requer grandes quantidades de produtos fitossanitários para controle de pragas e doenças. Nesse sentido o objetivo geral do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes categorias de produtos fitossanitários, bem como dos diferentes espectros de gota de pulverização, sobre a diversidade de polinizadores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado durante os meses de abril à julho de 2018, na Fazenda Experimental Água Limpa (19°05'16.9"S 48°21'41.4"W) pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, no Município de Uberlândia no Estado de Minas Gerais. A fazenda possui 104 ha de área de mata nativa, composta por diversas fitofisionomias do cerrado, sendo, cerrado sentido restrito, cerrado denso, vereda e mata de galeria e 151,72 ha de área com utilização para fins agrícolas (NETO, 2008) (Figura 1). O experimento foi estabelecido em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 3 x 2 (três categorias de produtos fitossanitários e dois espectros de gota de pulverização) + 1 tratamento adicional, testemunha (sem utilização de nenhum tipo de produto fitossanitário), totalizando 7 tratamentos com 4 repetições. Os produtos fitossanitários utilizados foram, Tiametoxam + Lambda-cialotrina (Inseticida), Fluazinam (fungicida), e Haloxifope-P-metilico (herbicida), pulverizados com gotas finas (Classe de gotas finas; 150 a 250 microns) e gotas extremamente grossas (Classe de gotas extremamente grossas; > 550 microns). As classificações dos espectros de gota foram baseadas nas especificações BCPC (British Crop Production Council). Todos os produtos utilizados durante o experimento são liberados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo de comum utilização na cultura do girassol.

A unidade amostral foi composta de parcelas de 8 m² (quatro metros de largura e dois metros de comprimento), espaçadas entre si em um metro. Em cada parcela foi semeada

sementes de girassol de uso comercial da variedade HELIO 250, com espaçamento entre linhas de 1,0 m e entre plantas de 0,5 m, em uma profundidade de 0,05 m, totalizando 25 plantas por parcela (cinco linhas com cinco plantas cada). Durante a semeadura foram semeadas 3 sementes em cada uma das covas, com o intuito de assegurar que pelo menos uma delas se desenvolvesse e germinasse. Quinze dias após emergência das plântulas foi feito um desbaste, para permanência de apenas uma planta por cova.



Figura 1. Fazenda Água Limpa em Uberlândia, Minas Gerais. Área total (■), mata nativa (■), local do experimento (■). Fonte: Google Earth, 2018.

As aplicações dos defensivos ocorreram sessenta dias após a semeadura, no período do início da manhã, no estágio R₄, em pré-florescimento, obedecendo as indicações disponíveis na bula (Figura 2A). Foram utilizados para todos os tratamentos as mesmas pontas de pulverização (MagnoJet), sendo ADIA 110015 (jato plano de indução de ar), para aplicação de gota grossa e BD 110015 (jato plano) para aplicação de gotas finas. Para as aplicações foi utilizado um pulverizador costal acionado por pressão constante (CO₂), com quatro pontas espaçadas entre si em 0,5 m, conferindo uma faixa de aplicação de 2 m. Foi adotada uma pressão de trabalho

de 2 bar (200 kPa), com vazão de $0,57 \text{ L min}^{-1}$ e velocidade de 4 km h^{-1} com taxa de aplicação de 150 L ha^{-1} (Figura 2B).



Figura 2. (A) Estádio de desenvolvimento R₄. (B) Aplicação via pulverizador costal acionado por pressão constante (CO₂). Fonte: Arthur Oliveira.

2.2 Procedimentos

2.2.1 Diversidade de polinizadores

No período de floração do girassol, para identificação e quantificação de polinizadores, foram feitas observações durante quatro dias corridos, em cinco horários diferentes, às 08:00, 9:00, 10:00, 11:00 e 12:00. Em cada dia de observação, foi escolhido um capítulo por parcela em estágio de desenvolvimento R_{5,5}, considerado como estágio de floração plena, estando 50% das flores presentes no capítulo abertas (CASTIGLIONI et al., 1997). Os capítulos escolhidos foram observados durante 2 minutos em cada um dos cinco horários. Durante esse período eram

feitas a identificação das espécies de polinizadores e a contabilização do número de visitas de cada uma dessas espécies (DE OLIVEIRA et al., 2018). O capítulo utilizado para observação em cada dia era marcado com fita colorida e identificado com um código, indicando o dia de observação, impedindo-o de ser utilizado novamente. Foram utilizados apenas capítulos localizados no interior da parcela, como forma de diminuir possíveis interferência entre os tratamentos.

2.2.2 Análises dos dados

Com todas as pressuposições atendidas, foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA) para analisar a diversidade (Riqueza e abundância) de polinizadores entre os diferentes tratamentos, bem como se existia diferença na abundância das espécies de abelhas dentro de cada tratamento. Posteriormente foram realizados o teste de Tukey e Dunnett ($p < 0,05$) para comparação de médias. As análises foram feitas com auxílio dos programas Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2016) e Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS

Durante o presente estudo, considerando a riqueza de polinizadores, foi observado que, independente do tratamento utilizado, todos foram visitados pelas mesmas espécies de abelhas, *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Paratrigona lineata* L., sendo a primeira uma espécie exótica, e as demais, espécies nativas da região. Todas de comportamento social, diferindo principalmente quanto ao tamanho corpóreo, *A. mellifera* considerada como uma abelha de tamanho médio (12 a 13 mm), *T. spinipes* de tamanho pequeno (7,5 mm) e *P. lineata* de tamanho muito pequeno (4 mm) (ZUCCHI et al., 1993).

Apesar dos tratamentos terem sido visitados pelas mesmas espécies de polinizadores, a abundância dessas visitas variou entre as espécies de abelha. Para *A. mellifera* foi observado

que todos os defensivos agrícolas utilizados, independente da sua finalidade, seja ele, fungicida, herbicida ou inseticida, afetaram a abundância de visitas de uma mesma forma. E que gotas menores podem contribuir para um menor efeito desses produtos sobre o número de visitas. Considerando o tratamento adicional (sem aplicação de produtos fitossanitários), observou-se que todos tratamentos impactaram negativamente a abundância de visitas (Tabela 1). A interação entre tamanho de gotas e o tipo de defensivo não foi significativa, indicando a independências entre os fatores.

Tabela 1. Abundância de visitas de *Apis mellifera* após aplicação de diferentes produtos fitossanitários em dois espectros de gota.

Produtos Fitossanitários	Espectro de Gota		Média
	Fina	Grossa	
Herbicida	21,75*	17,50*	19,63 A
Inseticida	16,00*	16,50*	16,25 A
Fungicida	22,00*	15,75*	18,88 A
Sem Aplicação*	30,75		
Média	19,92 a	16,58 b	

CV(%)18,52

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Médias que diferem do adicional (sem aplicação de produtos fitossanitários) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. (CV) Coeficiente de variação.

T. spinipes apresentou resultado oposto ao mostrado por *A. mellifera*, não sendo afetada pelos produtos, nem pelos tamanhos de gota utilizados na aplicação. Não havendo diferença de nenhum dos tratamentos com o tratamento adicional (Tabela 2). *P. lineata* apresentou resultado intermediário, tendo abundância de visitas afetada, quando comparados os produtos aplicados pelos diferentes tamanhos de gota, apenas pelo uso do herbicida aplicado com gota extremamente grossa. Tratamento esse que também diferiu do tratamento adicional, juntamente com os tratamentos, inseticida aplicado com gota fina e fungicida aplicado com gota extremamente grossa (Tabela 3). Considerando a abundância de visitas dentro de cada

tratamento, foi observado que *P. lineata* foi a espécie mais abundante em todos os tratamentos, seguida por *A. mellifera* e *T. spinipes* (Tabela 4).

Tabela 2. Abundância de visitas de *Trigona spinipes* após aplicação de diferentes produtos fitossanitários em dois espectros de gota.

Produtos Fitosanitários	Espectro de Gota		Média
	Fina	Grossa	
Herbicida	6,25	9,25	7,75 A
Inseticida	13,50	12,00	12,75A
Fungicida	8,25	7,75	8,00 A
Sem Aplicação*	17,00		
Média	9,33 a	9,67 a	

CV(%) 64,27

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Médias que diferem do adicional (sem aplicação de produtos fitossanitários) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. (CV) Coeficiente de variação.

Tabela 3. Abundância de visitas de *Paratrigona lineata* após aplicação de diferentes produtos fitossanitários em dois espectros de gota.

Produtos Fitosanitários	Espectro de Gota		Média
	Fina	Grossa	
Herbicida	50,00 aA	34,25* bA	42,13
Inseticida	33,25* aA	45,50 aA	39,38
Fungicida	40,50 aA	36,50* aA	38,50
Sem Aplicação*	59,50		
Média	41,25	38,75	

CV(%) 23,16

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Médias que diferem do adicional (sem aplicação de produtos fitossanitários) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. (CV) Coeficiente de variação.

Tabela 4. Abundância de visitas dos polinizadores dentro de cada tratamento.

Aplicações	Abundância de Visitas			
	<i>Apis mellifera</i>	<i>Trigona spinipes</i>	<i>Paratrigona lineata</i>	CV(%)
Herbicida aplicado com gota fina	21,75 b	6,25 b	50,00 a	30,80
Herbicida aplicado com gota grossa	17,50 ab	9,25 b	34,25 a	50,84
Inseticida aplicado com gota fina	16,00 a	13,50 a	33,35 a	60,31
Inseticida aplicado com gota grossa	16,50 b	12,00 b	45,50 a	34,37
Fungicida aplicado com gota fina	22,00 ab	8,25 b	40,50 a	56,00
Fungicida aplicado com gota grossa	15,75 b	7,75 b	36,50 a	40,58
Sem aplicação de defensivos agrícolas	30,75 b	17,00 b	59,50 a	28,98

Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(CV) Coeficiente de variação.

4. DISCUSSÃO

De Oliveira et al. (2018) em um trabalho similar utilizando o inseticida cloridrato de Cartap, realizado na mesma área, observou que dentro dos componentes que formam a diversidade, apenas a abundância de polinizadores era influenciada pela utilização de defensivos agrícolas, enquanto que a riqueza era indiferente. As espécies de polinizadores independente do tratamento tendem a visitar todas as plantas, variando apenas na frequência dessas visitas, podendo ser mais ou menos frequentes dependendo da espécie de abelha (DE OLIVEIRA et al., 2018). As três espécies encontradas durante o experimento, *A. mellifera*, *T. spinipes* e *P. lineata* são consideradas as espécies mais comuns na região, possuindo grande importância para a produção na cultura do girassol (CASTRO-MELO, 2014).

O fato dessas espécies de abelhas responderem de forma diferente aos tratamentos empregados pode estar relacionado às diferentes estratégias de comunicação utilizadas por elas para o forrageamento e recrutamento, já que todas são espécies sociais (DE OLIVEIRA et al., 2018). Inseticidas neonicotinóides e piretróides como os utilizados no experimento agem diretamente sobre o sistema nervoso das abelhas, afetando principalmente sua memória de navegação e geolocalização, causando um processo de desorientação (GODFRAY et al., 2014).

A. mellifera ao contrário das demais espécies utiliza-se da chamada “Dança do 8” como forma de recrutamento, informando através desse método a localização e a distância do recurso mais próximo para as demais operárias (SCHRICKER & STEPHEN, 1970). Dessa forma, essa espécie pode ter sido mais afetada pelos defensivos, por eles agirem diretamente nesse processo de comunicação. Produtos como herbicidas e fungicidas, apesar de não serem voltados para controle de insetos, também estão associados a problemas relacionados a abelhas, interferindo nos mesmos processos relatados anteriormente (FREITAS & PINHEIRO, 2010; BALBUENA et al., 2015; MONQUERO & OLIVEIRA, 2018).

Em relação ao espectro de gota, segundo Radunz & Smith (1996) a toxicidade de um produto químico está relacionada ao espectro de gota que foi utilizada para aplicação, sendo gotas finas menos tóxicas quando comparadas a gotas grossas. Estudos realizados com *A. mellifera* demonstram que a toxicidade de um produto pode cair até 50% quando esse produto tem a oportunidade de evaporar antes do contato com a abelha (MORAES et al., 2000). Dessa forma gotas menores por evaporarem mais rapidamente podem ser menos tóxicas para as abelhas.

T. spinipes e *P. lineata* utilizam principalmente marcações químicas para a comunicação e recrutamento, e por esse motivo essas espécies podem ter sido menos afetadas pelos diferentes defensivos quando comparadas a *A. mellifera* (THORP, 1979). *T. spinipes* mostrou-se indiferente a todos os tratamentos utilizados, comportamento semelhante ao observado por De Oliveira et al. (2018). Esse tipo de comportamento pode indicar uma possível resistência dessa espécie aos diferentes defensivos. Já *P. lineata* apesar de possuir forma de comunicação similar a utilizada por *T. spinipes*, teve sua abundância afetada apenas por alguns dos tratamentos, indicando que essas espécies possuem mecanismos de resposta diferentes (FREITAS & PINHEIRO, 2012).

Os efeitos na abundância de polinizadores também podem estar associados diretamente à ação de repelência presente nesses produtos, de forma que a abelha evite forragear em flores

com presença de algum produto fitossanitário, seja ele de ação inseticida (NIGG et al., 1991; FREITAS & PINHEIRO, 2010), ação fungicida (SOLOMON & HOOKER, 1989), ou herbicida (BALBUENA et al., 2015) como são os casos dos produtos utilizados nesse experimento. Estudos demonstram que as abelhas podem muitas vezes aprender e assim associar alguns odores com efeitos tóxicos, de forma que também passem a evitá-los (KESSLER et al., 2015).

Comparando as abundâncias das três espécies encontradas durante o estudo, foi observado que independente do tratamento analisado, *P. lineata* foi a espécie mais frequente. Trabalhos anteriores realizados por Castro-Melo (2013) e Oliveira (2016) nessa mesma área, no mesmo período do ano, mostraram resultados divergentes aos encontrados no presente estudo, onde a espécie *A. mellifera* era uma espécie bem mais abundante quando comparada a *P. lineata*. Dessa forma, pode-se inferir que as populações de *A. mellifera* presentes na Fazenda Água Limpa podem estar começando a sofrer um processo de declínio. E por essa espécie ser forte competidora de *P. lineata*, sua menor frequência favoreceu o aumento na frequência de visitas de *P. lineata* (CASTRO-MELO, 2013).

5. CONCLUSÕES

A utilização de produtos fitossanitários no cultivo do girassol afetou a abundância de visitas dos polinizadores, variando de intensidade dependendo da espécie polinizadora analisada. *Apis mellifera* apresentou maior susceptibilidade aos produtos, quando comparada às demais espécies analisadas, sendo que aplicações com menores espectros de gota contribuíram para a minimização dos efeitos desses defensivos, apesar do risco de deriva. *Trigona spinipes* e *Paratrigona lineata* apesar de possuírem mesma forma de comunicação, responderam de forma distinta às aplicações, sendo necessários trabalhos mais específicos para avaliar cada uma dessas espécies.

REFERÊNCIAS

BALBUENA, M. S. et al. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *Journal of Experimental Biology*, v. 218, n. 17, p. 2799-2805, 2015.

BECHER, M. A.; OSBORNE, J.L.; THORBEK, P.; KENNEDY, P.J.; GRIMM, V. Towards a systems approach for understanding honeybee decline: a stocktaking and synthesis of existing models. *Journal of Applied Ecology* 50: p. 868-880, 2013.

BIESMEIJER, J. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313:351-354, 2006.

BODE, L.E.; BUTLER, B.J. Spray Characteristics of Rotary Atomizers. In: SEYMOUR, K.G. *Pesticide Formulations and Application Systems: Second Conference*, ASTM STP 795. [S.l.]: American Society for testing and materials, 1983.

BREEZE, T. D.; BAILEY, A. P.; BALCOMBE, K. G.; POTTS, S. G. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 142, p. 137-143, 2011.

CAMERON, S.A. et al. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 108, n. 2, p. 662-667, 2011.

CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C.D.E; SILVEIRA, J.M. Fases de desenvolvimento da planta de girassol. Londrina: EMBRAPA CNPSo. 24p, 1997.

CASTRO-MELO, A. L. S. Effect of pollination services in the production and quality of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.). M. S. thesis, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. p. 46, 2013.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2018/19 - Segundo levantamento, Brasília, novembro, v. 6, p. 1-142, 2018. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.

CORBET, S.A., WILLIAMS, I.H. & OSBORNE, J.L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World* 72, 47–59, 1991.

CUNHA, J.P.A.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

DE OLIVEIRA, A. C.; JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Pesticides affect pollinator abundance and productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Apicultural Research*, p. 1-7, 2018.

ECPA (European Crop Protection Association). Pesticides and honey bees – both essential to agriculture. In: MISC/08/CG/17834, 2008.

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

FREE, J. B. *Insect pollination of crops*. 2. ed., London: Academic Press, p. 684, 1993.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Polinizadores e pesticidas: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiros. Brasília: MMA, p. 112, 2012.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia australis*, v. 14, n. 1, p. 282-298, 2010.

FREITAS, B.M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, v.40, p. 332-346, 2009.

GARRATT, M. P. D. et al. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 184, p. 34-40, 2014.

GODFRAY, H. C.J. et al. A restatement of the natural science evidence base concerning

neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 281, n. 1786, p. 20140558, 2014.

GRANT, W.F. Chromosome aberrations assays in *Allium*. *Mutation Research*, v. 99, p. 273-291, 1982.

GREENLEAF, S.S.; KREMEN, C. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. v.103, p. 13890-13895, 2006.

HASSANI, A.K. et al. Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of honey bee (*Apis mellifera*). *Pharmacol. Biochem. Behav.*, v.82, p.30-39, 2005.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., D. A. L. CANHOS, D. A. ALVES E A. M. SARAIVA, Eds. *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo, EDUSP, 2012.

KERR, W. E. et al. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Parcerias Estratégicas*, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2010.

KESSLER, S. C. et al. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. *Nature*, v. 521, n. 7550, p. 74, 2015.

KLATT, Björn K. et al. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 281, n. 1775, p. 20132440, 2014.

KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, v. 8, p. 468–79, 2005.

LOPES, M.; FERREIRA, J.; SANTOS, G. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível.

Agriculturas 2(4), 2005.

MACHADO, C.S.; CARVALHO, C.A.L.de. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. *Ciência Rural*, v.36, n.5, p.1404-1409, 2006.

MALASPINA, O.; SOUZA, T.F.; ZACARIN, E.C.M.S.; CRUZ, A.S.; JESUS, D. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. Pp. 41-48. In: *Anais do VIII Encontro sobre Abelhas*. Ribeirão Preto, SP, Brasil. 763p. 2008.

MARCHINI, L.C. Polinização entomófila em culturas de importância econômica. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA*, 10., Pousada do Rio Quente, 19-25, 1994.

MATTHEWS, G. A. The Application of Chemicals for Plant Disease Control. *Plant pathologist's pocketbook*, p. 345, 2002.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. Manual de aplicação de produtos fitossanitários. Viçosa: Aprenda fácil, 2010.

MONQUERO, P. A.; OLIVEIRA, A. S. Os herbicidas causam impactos na sobrevivência e desenvolvimento de abelhas?. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 17, n. 1, p. 95-105, 2018.

MORAES, S. S.; BAUTISTA, A. R. P. L.; VIANA, B. F. Avaliação da toxicidade aguda (DL50 e CL50) de inseticidas para *Scaptotrigona tubiba* (Smith) (Hymenoptera: Apidae): via de contato. 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. The future role of pesticides in US agriculture. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.

NAKASU E. Y. T. et al. Novel biopesticide based on a spider venom peptide shows no adverse effects on honeybees. *Proc. Biol. Sci.* 281p, 2014.

NETO, P.L. Levantamento planimétrico nº 36.243, Prefeitura de Uberlândia, Minas Gerais. 2008.

NIGG, H. N. et al. Contamination of sucrose solution with aldicarb sulfoxide inhibits foraging by honeybees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of economic entomology*, v. 84, n. 3, p. 810-813, 1991.

OLIVEIRA, A. C. Efeito do uso de defensivos agrícolas sobre a diversidade de polinizadores e produtividade do girassol (*Helianthus annuus* L.). Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. p. 42, 2016.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 4, p. 491-499, 2007.

POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, n. 25, p.345-353, 2010.

RADUNZ, L., SMITH, S. C., Pesticides-Hazard to Honey Bees. *Darwin Entomology*, July, 1996.

RASMUSSEN, C.; NIEH, J.C.; BIESMEIJER, J.C. Foraging biology of neglected bee pollinators. [Editorial] *Psyche*, p.1-2, 2010.

ROCHA, M. C. DE L. & ALENCAR. Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: Proposta metodológica de acompanhamento. P. 88 Ibama (Ibama). Brasília, 2012.

ROSSI, R.O. Girassol. Curitiba: Tecnoagro. 333p, 1997.

SCHRICKER, B.; STEPHEN, W. P. The effect of sublethal doses of parathion on honeybee behaviour. I. Oral administration and the communication dance. *Journal of Apicultural Research*, v. 9, n. 3, p. 141-153, 1970.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, E.C.A. Polinização em culturas anuais: soja, girassol e feijão. Palestra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., Florianópolis, 2000. Anais... Florianópolis: 2000. (CD-ROM).

SILVA, M. F. de O.; COSTA, L. M. da. A indústria de defensivos agrícolas. BNDES Setorial, n. 35, mar. 2012, p. 233–276, 2012.

SILVA, M. L. O. et al. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, v. 31, n. 1, p. 200-205, 2007.

SOLOMON, M.G.; HOOKER, K.J.M. Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards. Journal Apicultural Research, Cardiff, v. 28, p. 223-227, 1989.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHIN, L. C.; ANDRÉA, M. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações: Embrapa Meio Ambiente, 29p, 2004.

THORP, R. W. Structural, behavioral, and physiological adaptations of bees (Apoidea) for collecting pollen. Annals of the Missouri Botanical Garden, p. 788-812, 1979.

VANENGELSDORP, D. et al. Colony Collapse Disorder: a descriptive study. PloS ONE 4: e6481, 2009.

VILHENA, A. M. G. F.; RABELO, L. S.; BASTOS, E. M. A; AUGUSTO S. C. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie*. DOI: 10.1007/s13592-011-0081-1., 2011.

WILLIAMS, I.H. et al. Beekeeping, wild bees and pollination in the European community. Bee World, Cardiff, v. 72, p. 170-180, 1991.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETTO, S.; NAKANO, O. Guia de identificação de pragas agrícolas. Piracicaba: FEALQ, 139 p, 1993.

