



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ETOFENPROXI

VICTOR HUGO MARTINS ROCHA

POMBAL-PB

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ETOFENPROXI

VICTOR HUGO MARTINS ROCHA

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA) – CCTA/UFCG, Curso de Agronomia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. EWERTON MARINHO DA COSTA

POMBAL-PB

2023

R672s Rocha, Victor Hugo Martins.

Sobrevivência e capacidade de voo da abelha *Apis mellifera* após exposição ao inseticida Etofenproxi / Victor Hugo Martins Rocha. – Pombal, 2023.

38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa”.

Referências.

1. Toxicidade. 2. Mortalidade. 3. Conservação de polinizadores. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 632.95.024 (043)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Auxiliadora Costa (CRB 15/716)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

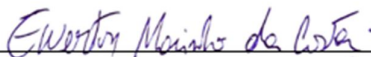
SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ETOFENPROXI

VICTOR HUGO MARTINS ROCHA

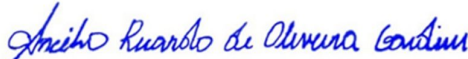
Trabalho de conclusão de curso apresentado a Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA) – CCTA/UFCG, Curso de Agronomia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 23/06/2023

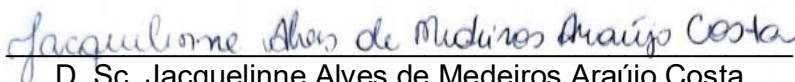
BANCA EXAMINADORA



Prof. D. Sc. Ewerton Marinho da Costa
Orientador
(UAGRA/CCTA/UFCG)



Prof. D. Sc. Ancélio Ricardo de Oliveira Gondim
Examinador Interno
(UAGRA/CCTA/UFCG)



D. Sc. Jacquelinne Alves de Medeiros Araújo Costa
Examinadora Externa

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus por ser a minha fonte maior de inspiração, fé e coragem para enfrentar os desafios diários. A minha mãe Francisca Miraci pelo amor, companheirismo, apoio e por acreditar em mim, a minha irmã Gabriella Maria, a minha tia Ana Rocha por todo apoio e ao meu pai José Leonídio (In memoriam) que foi a minha força para poder chegar até aqui.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e coragem para chegar até aqui, para que eu não desistisse desse sonho em minha vida. Toda honra e gloria seja dada a ti, senhor.

Aos meus pais, José Leonídio Rocha (In memoriam), o qual acompanhou grande parte desse sonho e Francisca Miraci Martins Rocha, por todo amor, carinho e apoio, pois sem isso, nada seria possível, vocês foram o meu suporte para que essa conquista se realizasse.

A minha tia Ana Rocha, pelo incentivo e apoio nos dias mais difíceis da minha vida durante essa caminhada, seu apoio foi essencial para a conquista do meu objetivo.

A minha querida irmã Gabriella Maria Martins Rocha, que me concedeu apoio e sempre me impulsionou a ir em busca dos meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa, por toda paciência, orientação, atenção, conselhos e ensinamentos durante a minha formação acadêmica. Muito obrigado por todo apoio, levarei por toda a minha vida.

A banca examinadora, Prof. Dr. Ancélio Ricardo de Oliveira Gondim e a Dra. Jacqueline Alves de Medeiros Araújo Costa, por todas as contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos amigos do grupo de pesquisa GEENTO, em especial Leticia Pinheiro, Rafael Silva, João Vitor, Anderson Queiroz, Alesia Alves, Everaldo da Nobrega, Poliana Linhares e ao técnico de laboratório Tiago pelo suporte, amizade, profissionalismo e auxílio na realização dos experimentos.

Aos amigos que a universidade me presenteou e a todos os meus colegas de curso 2018.2, em especial Fellype Jonathar, Maria Izabel, Rafaela Torres, Marcos Denilson e Alena Thamyres pelo companheirismo e apoio nas horas mais difíceis.

Ao meu amigo de longas datas, Marco Antônio, que me concedeu apoio e suporte emocional para que eu chegasse até aqui.

A seu Inácio Marinho das chagas e toda equipe que integra a EMPAER-POMBAL pela oportunidade de estágio e todo o aprendizado que foi nos repassados.

A universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), assim como todo o corpo docente que incorpora o curso de Agronomia.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para que essa conquista fosse alcançada.

RESUMO

ROCHA, V. H. M. **Sobrevivência e capacidade de voo da abelha *Apis mellifera* após exposição ao inseticida etofenproxi.** UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR, UFCG, junho de 2023, 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Orientador: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa.

Em cultivos comerciais de meloeiro, o uso de colônias com a abelha *Apis mellifera* L. nas áreas de produção e o controle químico de insetos-praga são práticas de manejo imprescindíveis para garantir a produção de frutos. Portanto, conhecer os impactos dos inseticidas utilizados no controle de pragas sobre as abelhas é fundamental para o manejo sustentável de polinizadores em campo. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito do inseticida Etofenproxi na sobrevivência e capacidade de voo da abelha *A. mellifera*. O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal – PB. Foram realizados três bioensaios distintos, correspondentes aos modos de exposição ingestão de dieta contaminada, pulverização direta e contato com resíduos do produto em folhas de meloeiro. Os bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado compostos por quatro tratamentos [Testemunha absoluta – água destilada; Testemunha positiva – Tiametoxam: 600g/ha (0,30 g i.a. L⁻¹) e duas doses do inseticida Etofenproxi: 40 mL p.c./100 L (0,12 g i.a. L⁻¹) e 60 mL p.c./100 L (0,18 g i.a. L⁻¹)] e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas. Salienta-se que para o bioensaio referente a toxicidade residual, foi realizado em esquema fatorial 4 X 3, sendo os quatro tratamentos descritos anteriormente em função de três tempos de exposição (1 hora, 2 horas e 3 horas). Foram avaliadas a mortalidade e o comportamento (exemplo: prostração, paralisia, tremores e redução da alimentação) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição. A capacidade de voo foi avaliada para todas as abelhas que sobreviveram após a exposição ao inseticida. O inseticida Etofenproxi, via ingestão de dieta contaminada, ocasionou 70,8% e 90,5% de mortalidade da menor para maior dose. Quanto à mortalidade das abelhas no bioensaio via pulverização direta e residual, independente da dose, observou-se a mortalidade de 100% dos insetos, respectivamente. Etofenproxi foi responsável por ocasionar distúrbios motores (tremores, prostração e paralisia) antes da morte das abelhas em todos os modos de exposição e doses avaliadas. Quanto à taxa de sobrevivência das abelhas expostas ao inseticida Etofenproxi, independentemente da dose e do tempo de exposição, percebeu-se uma alta velocidade de mortalidade em todos os modos de exposição. Observou-se que nos bioensaios via dieta contaminada e residual, o Tempo Letal Mediano (TL₅₀) proporcionado pelo inseticida Etofenproxi foi inferior a testemunha absoluta e superior a testemunha positiva. Já no bioensaio via pulverização direta, a TL₅₀ foi inferior a testemunha absoluta e a testemunha positiva. Em relação a capacidade de voo, somente abelhas da testemunha absoluta e expostas ao Etofenproxi via ingestão foram avaliadas, havendo redução notória na capacidade de voo de *A. mellifera* após contato com o referido inseticida. Com isso, Etofenproxi ocasionou um impacto negativo na sobrevivência e capacidade de voo de *A. mellifera* em condições de laboratório. O inseticida Etofenproxi, independente da dose avaliada e do modo de exposição, mostrou-se altamente tóxico para as abelhas *A. mellifera*.

Palavras-chave: Toxicidade, mortalidade, conservação, polinizadores

ABSTRACT

ROCHA, V. H. M. **Survival and flight ability of the bee *Apis mellifera* after exposure to the insecticide etofenprox**. ACADEMIC UNIT OF AGRICULTURAL SCIENCES, CENTER FOR AGRIFOOD SCIENCES AND TECHNOLOGY, UFCG, June 2023, 38 p. Completion of course work. Advisor: Prof. doctor Ewerton Marinho da Costa.

In commercial melon crops, the use of colonies with the honey bee *Apis mellifera* L. in the production areas and the chemical control of insect pests are essential management practices to ensure fruit production. Therefore, knowing the impacts of insecticides used to control pests on bees is essential for the sustainable management of pollinators in the field. In view of this, the objective was to evaluate the impact of the insecticide Etofenproxi on the survival and flight capacity of the bee *A. mellifera*. The work was carried out at the Entomology Laboratory of the Center for Agro-Food Science and Technology (CCTA) of the Federal University of Campina Grande (UFCG), Pombal - PB. Three distinct bioassays were carried out, corresponding to the modes of exposure: ingestion of contaminated diet, direct spraying and contact with product residues on melon leaves. The bioassays were carried out in a completely randomized design consisting of four treatments [Absolute control – distilled water; Positive control – Thiamethoxam: 600g/ha (0.30 g i.a. L⁻¹) and two doses of the insecticide Etofenprox: 40 mL p.c./100 L (0.12 g i.a. L⁻¹) and 60 mL p.c./100 L (0.18 g i.a. L⁻¹)] and 10 replications, with each experimental unit consisting of 10 adult bees. It should be noted that the bioassay concerning residual toxicity was carried out in a 4 X 3 factorial scheme, with the four treatments described above in terms of three exposure times (1 hour, 2 hours and 3 hours). Mortality and behavior (example: prostration, paralysis, tremors and reduced feeding) of the bees were evaluated at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 and 48 hours after the start of exposure. Flight ability was assessed for all bees that survived after exposure to the insecticide. The insecticide Etofenproxi, via ingestion of contaminated diet, caused 70.8% and 90.5% of mortality from the lowest to the highest dose. As for the mortality of bees in the bioassay via direct and residual spraying, regardless of the dose, 100% mortality of insects was observed, respectively. Etofenproxi was responsible for causing motor disturbances (tremors, prostration and paralysis) before the death of the bees in all exposure modes and evaluated doses. As for the survival rate of bees exposed to the insecticide Etofenproxi, regardless of dose and exposure time, a high rate of mortality was observed in all exposure modes. It was observed that in bioassays via contaminated and residual diet, the Median Lethal Time (TL₅₀) provided by the insecticide Etofenprox was lower than the absolute control and higher than the positive control. In the bioassay via direct spraying, the TL₅₀ was lower than the absolute control and the positive control. Regarding flight capacity, only bees from the positive control and exposed to Etofenproxi via ingestion were evaluated, with a noticeable reduction in the flight capacity of *A. mellifera* after contact with the aforementioned insecticide. Thus, Etofenproxi caused a negative impact on the survival and flight capacity of *A. mellifera* under laboratory conditions. The insecticide Etofenproxi, regardless of the assessed dose and mode of exposure, proved to be highly toxic to *A. mellifera*.

Keywords: Toxicity, mortality, conservation, pollinators

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. IMPORTÂNCIA DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> NA POLINIZAÇÃO DO MELOEIRO.....	13
2.2. DECLÍNIO POPULACIONAL DE <i>Apis mellifera</i>	14
2.3. TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE <i>Apis mellifera</i>	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. BIOENSAIO 1: AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE <i>Apis mellifera</i> APÓS INGESTÃO DE DIETA CONTAMINADA	18
3.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE <i>Apis mellifera</i> APÓS PULVERIZAÇÃO DIRETA.....	19
3.3. BIOENSAIO 3: AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE <i>Apis mellifera</i> APÓS CONTATO COM RESÍDUOS EM FOLHAS DE MELOEIRO.....	21
3.4. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DE <i>Apis mellifera</i> APÓS EXPOSIÇÃO AOS INSETICIDAS	23
3.5. ANÁLISE DOS DADOS.....	23
4. RESULTADOS	24
4.1. AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE <i>Apis mellifera</i> APÓS INGESTÃO DE DIETA CONTAMINADA.....	24
4.2. AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE <i>Apis mellifera</i> APÓS PULVERIZAÇÃO DIRETA	27
4.3. AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE <i>Apis mellifera</i> APÓS CONTATO COM RESÍDUOS EM FOLHAS DE MELOEIRO	29
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÃO	33
7. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

As abelhas são um dos polinizadores mais importantes do mundo, essenciais para a manutenção e sustentação dos ecossistemas, sendo componentes chave da segurança alimentar global (FRAZIER et al., 2015; MACIEL et al., 2018). Cerca de 70% das plantas cultivadas em todo o mundo requerem polinização por abelhas, fato que garante a produção e a disponibilidade de alimentos em quantidade e qualidade (PIRES, et al., 2016). A abelha *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) é um dos polinizadores mais abundantes e tem importância agrícola para a polinização de culturas devido à sua facilidade de manejo, tamanho da colônia e características generalistas na obtenção de recursos (BUZATO et al., 2012; PIRES et al., 2016).

Em cultivos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo* L.), o uso de colônias com a abelha *A. mellifera* e o controle químico de insetos-praga são práticas de manejo imprescindíveis para garantir a produção de frutos em escala comercial (GUIMARÃES et al., 2008; SOUSA, 2008; KLEIN et al., 2020). Embora apresente inestimável importância ecológica e econômica, tem sido observado o declínio nas populações de *A. mellifera* nos últimos anos, especialmente em áreas agrícolas (ORSI et al., 2017). Todavia, sabe-se que o uso de inseticidas é um dos principais fatores responsáveis pelo declínio de polinizadores em áreas agrícolas no mundo (LEONHARDT et al., 2013; GODFRAY et al., 2014; CHRISTEN; FENT, 2017), estando inclusive associado as causas da “Colony Collapse Disorder” (CCD) (VANENGELSDORP et al., 2009).

As abelhas podem ser expostas aos inseticidas por meio do contato direto com gotículas de pulverização, ingestão de alimento contaminado e contato com resíduos dos produtos nas plantas, como por exemplo, nas folhas logo após uma aplicação (HEARD et al., 2017; TANING et al., 2019; VARIKOU et al., 2019). A exposição aos inseticidas, além de poder ocasionar a morte das abelhas, pode provocar efeitos subletais, como diminuição na capacidade de forrageamento, redução da longevidade, perda de memória e distúrbios comportamentais, afetando suas atividades motoras, especialmente a capacidade de voo (WU-SMART; SPIVAK, 2016; GOMES et al., 2020).

Diante deste grave problema, torna-se necessário conhecer os impactos dos inseticidas utilizados no manejo de pragas sobre as abelhas, viabilizando assim o manejo adequado e conservação de polinizadores em áreas agrícolas (PIRES et al., 2016). O inseticida Etofenproxi (Grupo químico: Éter Difenílico), o qual possui ação de

contato e age no sistema nervoso e muscular do inseto, possui registro e é comumente utilizado para o controle da broca-das-cucurbitáceas (*Diaphania nitidalis*) em meloeiro (AGROFIT, 2022). Entretanto, são inexistentes informações sobre o seu efeito letal ou subletal, em diferentes doses e modos de exposição, sobre *A. mellifera*, sendo fundamental a realização de pesquisas com o referido inseticida.

A falta de informações a respeito dos efeitos dos pesticidas sobre os polinizadores da agricultura nacional constitui um dos principais obstáculos para os esforços em busca do uso sustentável de abelhas nas áreas agrícolas, ou seja, é um fator limitante a conservação desses agentes em campo (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Portanto, objetivou-se avaliar o efeito do inseticida Etofenproxi na sobrevivência e capacidade de voo da abelha *A. mellifera*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. IMPORTÂNCIA DA ABELHA *Apis mellifera* NA POLINIZAÇÃO DO MELOEIRO

As abelhas são insetos essenciais para polinização e manutenção dos ecossistemas terrestres (OLLERTON et al., 2011). Em áreas agrícolas, a polinização realizada pelas abelhas é fundamental para maioria das culturas exploradas economicamente pelo homem (POTTS et al., 2016), destacando-se a espécie *A. mellifera* como um dos polinizadores mais eficientes (GIANNINI et al., 2015; GARIBALDI et al., 2016; KLEIN et al., 2020).

A produção de melão, especialmente no semiárido nordestino, caracteriza-se por ser altamente tecnificada, e uma das práticas de manejo necessárias durante o cultivo do meloeiro é justamente o uso de colmeias da abelha *A. mellifera* no entorno das áreas de produção (KLEIN et al., 2020).

Nos últimos anos, o cultivo do melão (*Cucumis melo* L.) apresentou uma expansão na área cultivada, sobretudo nas regiões de clima semiárido no Brasil, colocando-o na condição de exportador, graças à excelente qualidade dos frutos e às condições climáticas que permitem a colheita fora de época ou na época de entressafra de outros países (ALMEIDA, 1992). Segundo dados do IBGE (2021), no Brasil a produção de melão no ano de 2021 foi de 607.047 toneladas em 23.858 hectares, sendo o estado do Rio Grande do Norte, consagrando-se como o maior

produtor de melão. No país, a região nordeste é a principal produtora de melão, respondendo por mais de 90% da produção nacional, haja vista que, a expansão da cultura na região se deve à atividade de grandes empresas que exportam grande parte de sua produção, no qual, preferem o clima nordestino, onde as frutas apresentam melhores sabores e maiores teores de açúcares (SEBRAE, 2020).

Nas extensas áreas cultivadas com meloeiro, umas das principais cucurbitáceas cultivadas e exportadas pelo Brasil, a produção de frutos é dependente da polinização realizada pela abelha *A. mellifera* (SOUSA, 2008; SOUSA et al., 2009). *A. mellifera* é uma das espécies mais utilizadas para a polinização devido ao seu fácil manejo, tamanho de suas colônias, bem como pela eficiência e rapidez nesse processo em relação a outros polinizadores (PIRES et al., 2016; KLEIN et al., 2020).

Portanto, determinar a toxicidade de inseticidas para as abelhas é imprescindível para o desenvolvimento de um programa de polinização eficiente e sustentável em culturas de importância econômica, possibilitando assim, a escolha de produtos que ofereçam menores riscos as abelhas e contribuindo para preservação dos polinizadores em campo. É importante mencionar ainda que o trabalho se enquadra nos objetivos de desenvolvimento sustentável (AGENDA, 2030) referente à agricultura sustentável e vida terrestre.

2.2. DECLÍNIO POPULACIONAL DE *Apis mellifera*

O desaparecimento das abelhas *A. mellifera* é um problema que vêm ocorrendo em grande escala e que impacta negativamente a apicultura, ecossistemas naturais e sistemas agrícolas (OLDROYD, 2007; NEUMANN; CARRECK, 2010; GILL et al., 2012). A redução das populações de abelhas está associada a diversos fatores, como por exemplo, modificação do habitat, plantio em monocultura, ataque de pragas, redução da oferta de alimento e uso indiscriminado de pesticidas nas áreas agrícolas, sendo este último o principal fator para o declínio dos polinizadores (KEARNS; INOUE, 1997; DEVINE; FURLONG, 2007). O uso abusivo de pesticidas também está associado ao fenômeno conhecido por “Colony Collapse Disorder” (Distúrbio do Colapso das Colônias ou CCD) (GOULSON et al., 2015).

No Brasil, apesar de escassas, pesquisas já começaram a ser desenvolvidas para constatar que em nosso território ocorre o fenômeno do CCD (OLIVEIRA, 2015). Contudo, a perda de colônias, especialmente de *A. mellifera*, já é observada em todas

as regiões do país. Castilhos et al. (2019), relataram que aproximadamente 50% das colônias de abelhas são perdidas anualmente nas diferentes regiões do Brasil, sendo o uso de pesticidas uma das causas apontadas para a morte dos polinizadores. No entanto, em áreas de produção de melão, a cultura é severamente atacada por diversos insetos praga, sendo o controle químico, por meio da aplicação de inseticidas sintéticos, a principal estratégia de manejo utilizada. Nesse cenário, é importante destacar que o uso de inseticidas é um dos principais fatores responsáveis pelo declínio de polinizadores em áreas agrícolas no mundo (LEONHARDT et al., 2013; GODFRAY et al., 2014; CHRISTEN; FENT, 2017).

O declínio populacional que as abelhas estão enfrentando pode desencadear uma série de consequências danosas para os ecossistemas terrestres e humanidade. A longo prazo, a redução populacional de abelhas pode diminuir drasticamente a produção de alimentos, comprometendo a segurança alimentar e a vida na terra (CORBY-HARRIS et al., 2016; CAIRES; BARCELOS, 2017).

2.3. TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE *Apis mellifera*

As abelhas podem ser expostas aos inseticidas por meio de três formas: contato direto com gotículas durante as pulverizações, caminhamento sobre superfície contaminada (contato com resíduos) e ingestão de alimento contaminado (DELAPLANE; MAYER, 2005; CHAM et al., 2017). O impacto do contato das abelhas com inseticidas pode ocorrer em nível individual, agindo principalmente sobre as campeiras no momento de forrageamento, ou pode afetar toda a colônia (BARGANSKA et al., 2016; CHAM et al., 2017). Salienta-se que além do efeito letal, os inseticidas podem ocasionar efeitos subletais, prejudicando o comportamento natural das abelhas e até mesmo ocasionando alterações em genes que regulam o sistema imunológico (CHRISTEN; FENT, 2017; GOMES et al., 2020).

Frente a este grave problema, é imprescindível conhecer a toxicidade dos inseticidas sobre as abelhas para viabilizar o manejo adequado e conservação de polinizadores em áreas agrícolas (PINHEIRO; FREITAS 2010; PIRES et al., 2016). LUNARDI et al. (2017), destacaram que é fundamental obter informações sobre os efeitos letais e subletais dos pesticidas sobre as abelhas para que se possa estabelecer um manejo adequado e tentar reduzir ao máximo a exposição dos polinizadores a esses produtos químicos.

Diante disso, a toxicidade de muitos inseticidas já foi avaliada sobre a abelha *A. mellifera*, e produtos como o Tiametoxam (ROSSI et al., 2013; COSTA et al., 2014), Fipronil (OLIVER et al., 2015), Imidacloprido (TOMÉ et al., 2015), Deltametrina (ZHANG et al., 2019), Abamectina (WANG et al., 2020), Acetamiprido (SHI et al., 2020) e Clorpirifós (EL- MASARAWY et al., 2021) são classificados como nocivos as abelhas. Inseticidas como o Clorantraniliprole e Ciantraniliprole, apesar de poucas informações, têm ocasionado baixa mortalidade sobre *A. mellifera* (DINTER et al., 2009; LARSON et al., 2013). Entretanto, Clorantraniliprole já foi relatado reduzindo a capacidade de voo (GOMES et al., 2020) e provocando alteração em genes que regulam o sistema imunológico de *A. mellifera* (CHRISTEN; FENT, 2017), fato que pode comprometer toda uma colônia.

Portanto, para o inseticida Etofenproxi (Grupo químico: Éter Difenílico), o qual possui ação de contato e age no sistema nervoso e muscular do inseto, é registrado para o controle de pragas em várias culturas no Brasil, dentre elas o meloeiro (AGROFIT, 2022), na bula existe a recomendação para não aplicar o produto no momento do forrageamento das abelhas, pois o contato direto com as gotículas de pulverização é nocivo. Contudo, são inexistentes informações sobre o seu efeito, letal ou subletal, por via oral e residual sobre *A. mellifera*, sendo fundamental a realização de pesquisas com o referido inseticida. Portanto, para suprir a carência de informações e auxiliar na conservação de polinizadores em áreas de produção de melão, é fundamental avaliar os efeitos das doses comerciais do inseticida Etofenproxi sobre *A. mellifera* em diferentes modos de exposição.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia (sala climatizada a 25 ± 2 °C, $50 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 h) da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal – PB. Para realização do trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes de cinco (05) colônias pertencentes ao apiário da UAGRA/CCTA/UFCG, que são mantidas em caixas de madeira do tipo Langstroth (FIGURA 1).



Figura 1: Obtenção das abelhas no apiário do CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2022.

O inseticida avaliado foi o Etofenproxi (nome comercial Safety[®]), nas doses mínima e máxima recomendadas para o controle de pragas em meloeiro. Além do referido produto, foi utilizada como testemunha absoluta a água destilada e como testemunha positiva o inseticida Actara[®] (Tiametoxam), na dose máxima recomendada para uso em meloeiro (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos e respectivas doses que foram avaliadas com relação à toxicidade oral, pulverização direta e residual sobre *Apis mellifera*, Pombal - PB, 2022.

TRATAMENTO	INGREDIENTE ATIVO	GRUPO QUÍMICO	DOSE	PRAGA ALVO
Safety [®]	Etofenproxi	Éter Difenílico	40 mL p.c./100 L(0,12 g i.a. L ⁻¹) 60 mL p.c./100 L(0,18 g i.a. L ⁻¹)	Broca-das-cucurbitáceas (<i>Diaphania nitidalis</i>)
Testemunha Absoluta(água destilada)	-	-	-	-
Testemunha Positiva (Actara [®])	Tiametoxam	Neonicotinoide	600g/ha (0,30 g i.a. L ⁻¹)	<i>Bemisia tabaci</i> raça B e <i>Aphis gossypii</i>

Para avaliar o impacto do inseticida Etofenproxi na sobrevivência de *A. mellifera* foram realizados três bioensaios distintos, correspondentes aos modos de exposição

via ingestão de dieta contaminada, pulverização direta sobre as abelhas e contato com resíduos do produto em folhas de meloeiro. Nos três bioensaios foi utilizada a metodologia proposta por Costa et al. (2014). A capacidade de voo das abelhas foi avaliada com todas as abelhas que sobreviverem a exposição ao inseticida, nos três modos de exposição, seguindo a metodologia utilizada por Gomes et al. (2020). Salienta-se que para facilitar o manuseio durante a preparação dos bioensaios, as abelhas foram previamente anestesiadas por meio do uso do frio ($\pm 4^{\circ}\text{C}$ durante 90 segundos).

3.1. BIOENSAIO 1: AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE *Apis mellifera* APÓS INGESTÃO DE DIETA CONTAMINADA

As abelhas utilizadas neste bioensaio ficaram previamente sem alimentação por 2 horas. Para o bioensaio foram utilizadas como arenas (para confinamento das abelhas) recipientes plásticos com 15 cm de diâmetro x 15 cm de altura, com a extremidade superior parcialmente coberta com tela antiáfideo e laterais com aberturas de aproximadamente 0,1 cm (para possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente). Inicialmente foi preparada a dieta artificial denominada Pasta Cândi (mistura de mel + açúcar refinado), e em seguida os tratamentos foram pulverizados sobre a dieta utilizando um pulverizador manual. Após distribuição das abelhas nas arenas, o alimento contaminado foi colocado no interior dos referidos recipientes, juntamente com um algodão embebido em água destilada. A partir deste momento, os insetos ficaram sob observação constante até a confirmação da ingestão do alimento (FIGURA 2).



Figura 2: Operárias de *Apis mellifera* liberadas no interior das arenas juntamente com o alimento contaminado sob observação constante, Pombal-PB, 2022.

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado composto por quatro tratamentos [Testemunha absoluta – água destilada; Testemunha positiva – Tiametoxam: 600g/ha (0,30 g i.a. L⁻¹) e duas doses do inseticida Etofenproxi: 40 mL p.c./100 L (0,12 g i.a. L⁻¹) e 60 mL p.c./100 L (0,18 g i.a. L⁻¹)] e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e o comportamento (prostração, paralisia, tremores e redução da alimentação) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da ingestão do alimento contaminado. Foram registradas como mortas às abelhas que não responderam a estímulos mecânicos (toques no corpo das abelhas, em cada período de avaliação, com um pincel fino).

3.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE *Apis mellifera* APÓS PULVERIZAÇÃO DIRETA

Na realização deste bioensaio, também foram utilizadas arenas (recipiente plástico de 15 cm de diâmetro x 15 cm de altura), cuja parte superior foi parcialmente coberta por tela antiáfideo (local usado para a pulverização) e aberturas laterais de aproximadamente 0,1 cm (ambos proporcionaram uma adequada circulação de ar no ambiente). As abelhas foram distribuídas em cada arena, na qual ficaram expostas aos inseticidas de acordo com cada tratamento estabelecido por meio da técnica de

pulverização direta com o auxílio de um pulverizador manual, simulando uma situação provável por pulverização no campo (FIGURA 3).

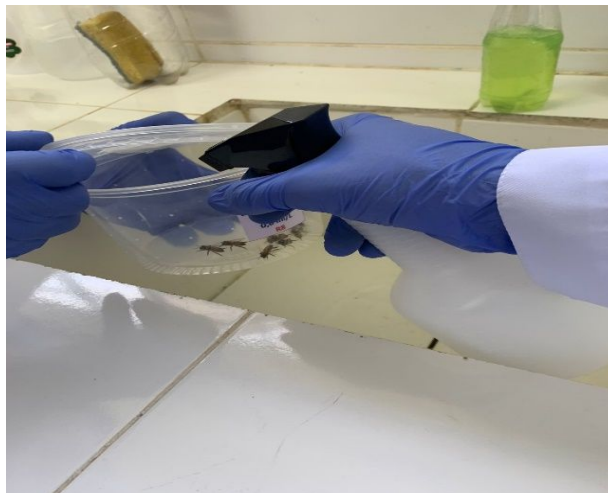


Figura 3: Pulverização manual do inseticida Etofenproxi sobre as abelhas, simulando uma provável situação no campo, Pombal-PB, 2023.

Após a pulverização sobre as abelhas, foi colocado em cada arena a Pasta Cândi (alimento artificial feito de açúcar refinado e mel) e um chumaço de algodão com água destilada para manter as abelhas hidratadas. A partir disso, foram avaliados os efeitos dos inseticidas sobre as abelhas durante o período de tempo determinado.

O bioensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos [Testemunha absoluta – água destilada; Testemunha positiva – Tiametoxam: 600g/ha (0,30 g i.a. L⁻¹) e duas doses do inseticida Etofenproxi: 40 mL p.c./100 L (0,12 g i.a. L⁻¹) e 60 mL p.c./100 L (0,18 g i.a. L⁻¹)] e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e o comportamento (prostração, paralisia, tremores e redução da alimentação) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início das pulverizações dos inseticidas sobre as abelhas. Foram registradas como mortas às abelhas que não responderem a estímulos mecânicos (toques no corpo das abelhas, em cada período de avaliação, com um pincel fino).

3.3. BIOENSAIO 3: AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE *Apis mellifera* APÓS CONTATO COM RESÍDUOS EM FOLHAS DE MELOEIRO

Para avaliação da toxicidade residual do inseticida, inicialmente foram produzidas mudas de meloeiro amarelo, cultivar Iracema (SAKATA®) (uma das principais cultivares plantadas da região), em casa de vegetação do CCTA/UFCG. As mudas foram produzidas e mantidas em vasos (com capacidade de 1 kg) contendo como substrato solo + matéria orgânica (proporção de 2:1), sendo irrigadas três vezes ao dia (FIGURA 4).



Figura 4: Plantas de meloeiro produzidas em casa de vegetação CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2023.

Quando as plantas atingiram o número mínimo de seis folhas definitivas, foram selecionadas 10 plantas para cada tratamento. As plantas selecionadas foram pulverizadas com os tratamentos, utilizando-se um pulverizador manual, de modo que as gotículas fossem distribuídas uniformemente em toda superfície foliar (FIGURA 5).



Figura 5: Plantas sendo pulverizadas com as doses mínima e máxima do inseticida Etofenproxi, Pombal-PB. 2023.

Em seguida, para devida secagem dos produtos pulverizados, as plantas foram transferidas para um local arejado e à sombra, onde permaneceram durante três períodos de tempo diferentes: 1 hora, 2 horas e 3 horas após a pulverização. Após a secagem foi realizado o corte das folhas, na altura do pecíolo, sendo em seguida colocadas em arenas (recipientes iguais aos descritos no item 3.1. e 3.2). Foram adicionados no interior das arenas um chumaço de algodão embebido em água e dieta artificial (Pasta Cândi). Após esse procedimento, foram liberadas nas arenas as operárias adultas de *A. mellifera* para o contato com os resíduos dos produtos.

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 X 3, constituído por duas doses do inseticida Etofenproxi [40 mL p.c./100 L (0,12 g i.a. L⁻¹) e 60 mL p.c./100 L (0,18 g i.a. L⁻¹)], uma testemunha absoluta (água destilada) e uma testemunha positiva [Tiametoxam: 600g/ha (0,30 g i.a. L⁻¹)] em função de três tempos de exposição após aplicação dos tratamentos. Para cada tratamento foram utilizadas 10 repetições, sendo a unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e o comportamento (prostração, paralisia, tremores e redução da alimentação) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição aos resíduos dos inseticidas. Foram registradas como mortas às abelhas que não responderam a estímulos mecânicos (toques no corpo das abelhas, em cada período de avaliação, com um pincel fino).

3.4. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera* APÓS EXPOSIÇÃO AOS INSETICIDAS

A capacidade de voo foi avaliada para todas as abelhas que sobreviverem após as 48 horas de exposição em cada bioensaio. A capacidade de voo foi avaliada em sala escura, com auxílio de uma torre de voo contendo uma fonte luminosa no topo (com o objetivo de atrair as abelhas por meio do fototropismo positivo).

A torre de voo é constituída de um aparato de madeira (35 × 35 × 115 cm de altura), aberto em seu interior, com as laterais revestidas por plástico transparente, fita métrica fixada nas duas extremidades laterais da parte frontal e com uma lâmpada fluorescente no topo. A torre de voo apresenta cinco níveis de altura: nível 1 (base da torre – 0 cm), Nível 2 (de 1 cm a 30 cm de altura), nível 3 (de 31 cm a 60 cm de altura), nível 4 (de 61 cm e 90 cm de altura) e nível 5 (de 91 cm até 115 cm, local onde estará a lâmpada). Cada abelha sobrevivente foi colocada individualmente na base da torre (altura 0 cm), sendo permitido um período de 60 segundos para a conclusão do voo, registrando-se ao final do tempo a altura que abelha atingiu (FIGURA 6).



Figura 6: Torre de voo utilizada para avaliação da capacidade de voo de *Apis mellifera*, após exposição aos tratamentos, Pombal-PB, 2022.

3.5. ANÁLISE DOS DADOS

As médias de mortalidade foram corrigidas pela fórmula de Abbott (1925), em seguida foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) a 5% de

significância, seguido pelo teste de Wilcoxon. Os dados de sobrevivência das abelhas foram analisados utilizando o pacote “Survival” (THERNEAU; LUMLEY, 2010) para o software R e submetidos a uma distribuição de Weibull, sendo em seguida agrupados por meio de contrastes os tratamentos com efeitos similares de toxicidade e velocidade de mortalidade. Também foi calculado o tempo letal mediano (TL₅₀) para cada grupo formado. Em relação a capacidade de voo, para verificar se os tratamentos afetaram a quantidade de abelhas que atingiram cada classe de altura foi aplicada uma Análise de Variância com Permutação (PERMANOVA). Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

4. RESULTADOS

4.1. SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera* APÓS INGESTÃO DE DIETA CONTAMINADA

Foi observado que, independente da dose utilizada, o inseticida Etofenproxi foi muito tóxico para *A. mellifera* via ingestão de dieta contaminada, ocasionando 76,8% e 90,5% de mortalidade da menor para maior dose, respectivamente. Salienta-se que a maior dose avaliada não diferiu estatisticamente da testemunha positiva (Tiametoxam), que provocou a morte de 100% das abelhas nas 48 horas de observação (FIGURA 7).

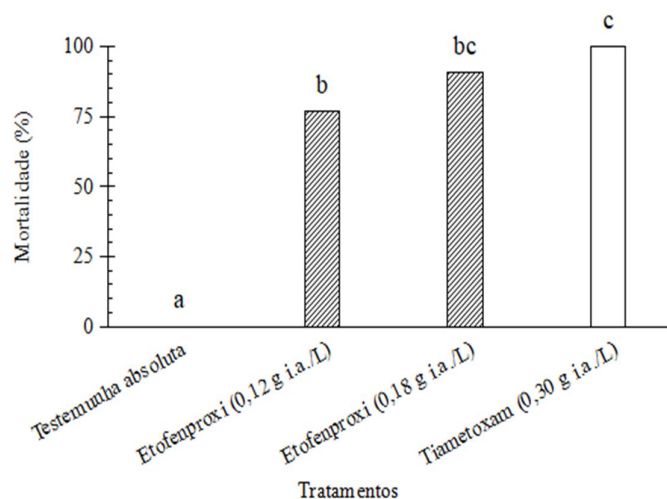


Figura 7: Mortalidade (%) de *Apis mellifera* após ingestão de dieta contaminada com o inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2022.

(Letras semelhantes representam diferenças não significativas de acordo com o teste Wilcoxon a 95% de confiabilidade).

Em relação ao comportamento, as abelhas expostas ao inseticida Etofenproxi apresentaram déficit de mobilidade, tremores, prostração e paralisia antes da morte, sendo notória a diferença em comparação com as abelhas expostas a testemunha absoluta.

Foi constatado ainda que, independentemente da dose, o inseticida Etofenproxi proporcionou um Tempo Letal Mediano (TL₅₀) de 23,6 horas, sendo muito inferior a testemunha absoluta (241,5 horas), ou seja, ocasionou alta velocidade de mortalidade após a ingestão do alimento contaminado. Entretanto, é importante destacar que o TL₅₀ observado para o Etofenproxi foi superior ao da testemunha positiva, que proporcionou um TL₅₀ de apenas 5,0 horas (FIGURA 8).

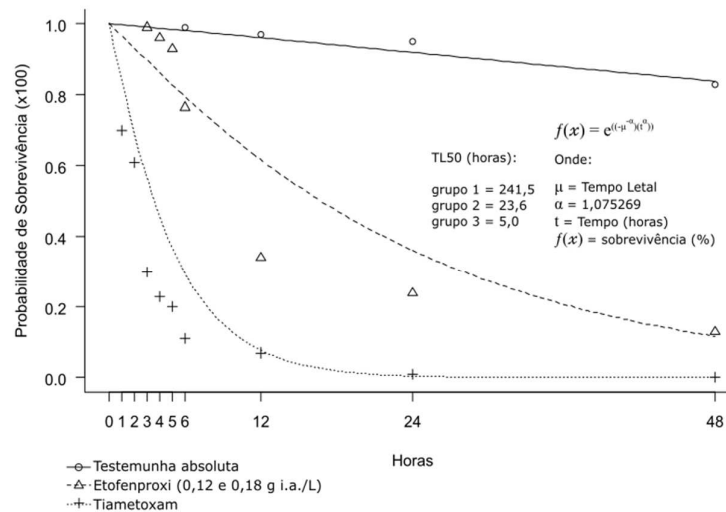


Figura 8: Sobrevivência (%) de *Apis mellifera* e tempos letais medianos (TL₅₀) após ingestão de dieta contaminada com o inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2022.

A avaliação da capacidade de voo foi realizada somente com as abelhas sobreviventes da testemunha absoluta e das duas doses do inseticida Etofenproxi, haja vista que, não houve sobreviventes na testemunha positiva. Foi observada diferença significativa entre as abelhas expostas ao inseticida Etofenproxi e a testemunha absoluta, em que nesta, 79,0% das abelhas conseguiram voar e mesmo as que ficaram apenas caminhando na base da torre de voo não apresentavam nenhum distúrbio motor. Enquanto que para menor e maior dose do inseticida Etofenproxi foi verificado que 48,3% e 17,5% das abelhas sobreviventes, respectivamente, conseguiram voar ou subir caminhando na torre de voo (FIGURA 9).

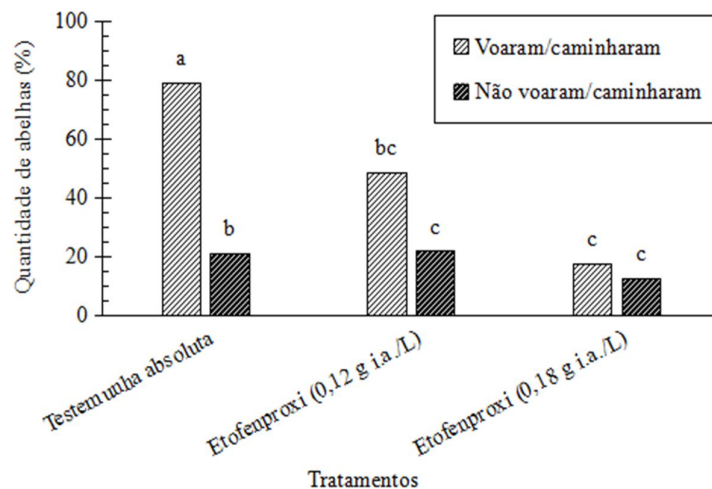


Figura 9: Atividade de voo (%) voaram x não voaram de *Apis mellifera* após ingestão de dieta contaminada com o inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2022.
(Letras semelhantes representam diferenças não significativas de acordo com o teste Wilcoxon a 95% de confiabilidade).

Todavia, salienta-se que as abelhas que permaneceram na base apresentaram sinais notórios de perda de mobilidade.

No tocante à altura de voo, também foi observada diferença significativa entre as abelhas expostas ao inseticida Etofenproxi e a testemunha absoluta, especialmente na altura máxima (91 a 115 cm). Apenas 6 abelhas sobreviventes da dose mínima e 3 da dose máxima conseguiram chegar ao topo da torre de voo, enquanto que 36 abelhas da testemunha absoluta conseguiram atingir a altura máxima, fato que comprova o impacto negativo da ingestão do inseticida Etofenproxi na capacidade de voo de *A. mellifera* (FIGURA 10).

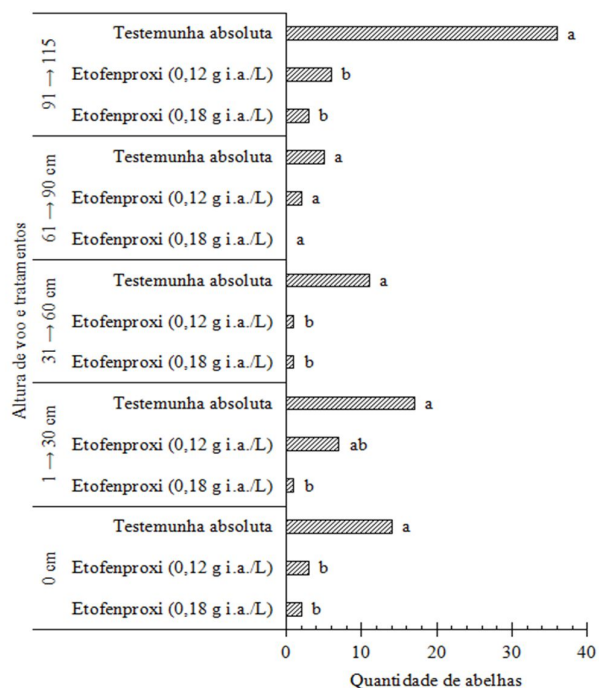


Figura 10: Atividade de voo de *Apis mellifera* após ingestão de dieta contaminada com o inseticida Etopenproxi, Pombal-PB, 2022.

(Letras semelhantes representam diferenças não significativas de acordo com o teste Wilcoxon a 95% de confiabilidade).

4.2. SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera* APÓS PULVERIZAÇÃO DIRETA

Para o modo de exposição via pulverização direta, foi observado que o inseticida Etopenproxi, independente da dose avaliada, foi muito tóxico para *A. mellifera*, sendo estatisticamente igual à testemunha positiva (Tiametoxam), causando a mortalidade de 100% das abelhas operárias em poucas horas após a exposição (FIGURA 11).

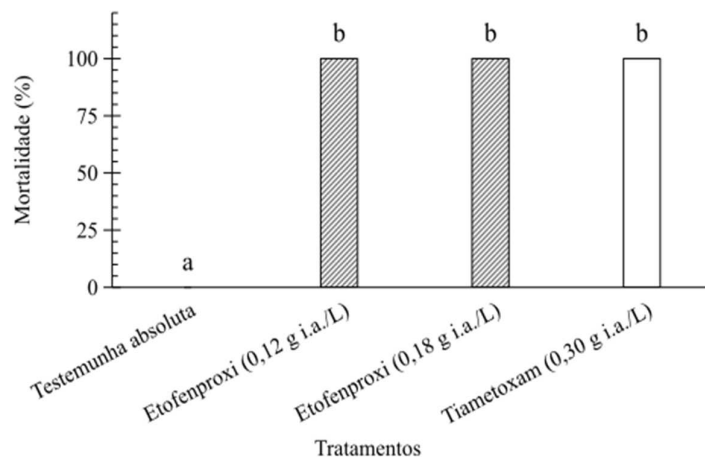


Figura 11: Mortalidade (%) de abelhas *Apis mellifera* após exposição por pulverização direta com o inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2023.

(Letras semelhantes representam diferenças não significativas de acordo com o teste Wilcoxon a 95% de confiabilidade).

Entretanto, salienta-se que logo após a pulverização direta com o inseticida Etofenproxi, as abelhas apresentaram distúrbios motores como tremores, prostrações e paralisias antes da morte.

Analisando a taxa de sobrevivência, que representa a mortalidade das abelhas ao longo do tempo de exposição ao produto, pode-se observar que o Tempo Letal Mediano (TL_{50}) do inseticida Etofenproxi (Grupos 2 e 3) foi de 1,6 e 1,1 horas para a dose mínima e máxima sendo bastante inferior a testemunha absoluta (Grupo 1) que apresentou uma TL_{50} de 232,4 h e a da testemunha positiva (Grupo 4) que apresentou TL_{50} de 5,8 horas (FIGURA 12).

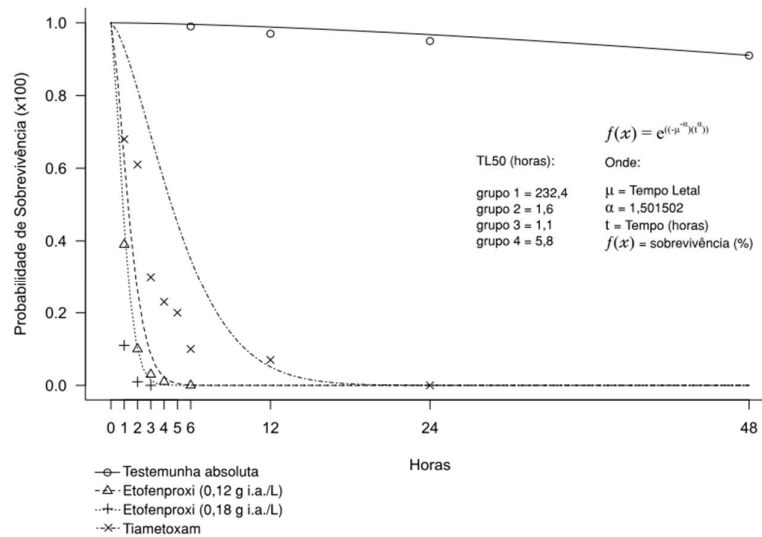


Figura 12: Sobrevivência (%) de operárias adultas de *Apis mellifera* após exposição por pulverização direta com o inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2023.

Portanto, é importante destacar, que independente da dose do inseticida Etofenproxi, observou-se redução rápida na sobrevivência das abelhas, não diferindo estatisticamente da testemunha positiva (Tiametoxam).

Em relação a capacidade de voo via pulverização direta, independente da dose, não houve sobreviventes quando expostas ao inseticida Etofenproxi e a testemunha positiva (Tiametoxam).

4.3. SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera* APÓS CONTATO COM RESÍDUOS EM FOLHAS DE MELOEIRO

Em relação ao efeito residual, independente da dose avaliada e tempo de exposição após a pulverização, o inseticida Etofenproxi foi altamente tóxico para *A. mellifera*, causando a mortalidade de 100% das abelhas. Salienta-se que não houve diferença significativa entre as doses do inseticida Etofenproxi e a testemunha positiva (Tiametoxam), o qual, provocou a mortalidade de 99% das abelhas após 48h de avaliação (FIGURA 13).

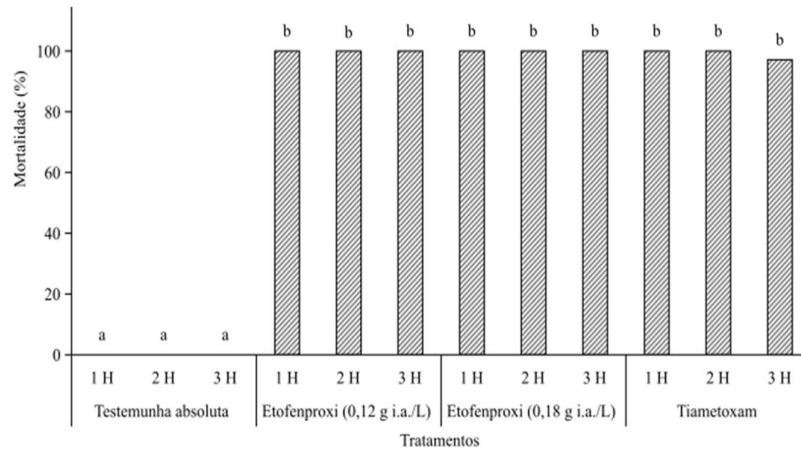


Figura 13: Mortalidade (%) de *Apis mellifera* após exposição residual ao inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2023.

(Letras semelhantes representam diferenças não significativas de acordo com o teste Wilcoxon a 95% de confiabilidade).

A partir das primeiras horas após a exposição das abelhas aos resíduos, as mesmas apresentaram comportamentos de fuga, aglomerando-se na parte superior da arena. Além disso, as abelhas apresentaram alguns distúrbios motores como tremores, prostrações e paralisias antes da morte.

Com relação à análise de sobrevivência, pode-se observar que o Tempo Letal Mediano (TL₅₀) do inseticida Etofenproxi foi inferior a TL₅₀ da testemunha absoluta e superior a TL₅₀ da testemunha positiva (Tiametoxam), independente do tempo de exposição após a pulverização de cada dose (FIGURA 14).

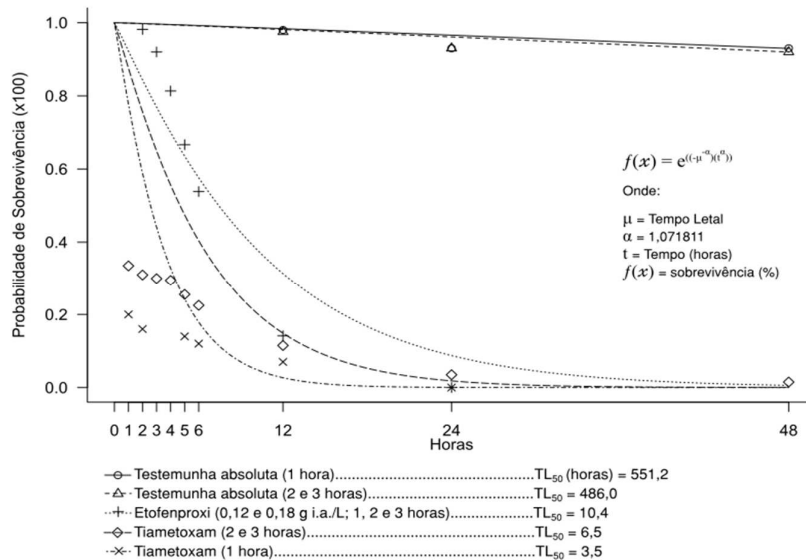


Figura 14: Sobrevivência (%) de *Apis mellifera* e tempos letais medianos (TL₅₀) após exposição residual ao inseticida Etofenproxi, Pombal-PB, 2023.

O inseticida Etofenproxi apresentou TL₅₀ de 10,4 horas em suas doses mínima e máxima, respectivamente, independentemente do tempo de exposição, enquanto a testemunha positiva (Tiametoxam) proporcionou TL₅₀ de 3,5 horas após o contato com resíduos de 1 hora após a pulverização e 6,5 horas para 2 e 3 horas após a exposição.

Quanto a análise de voo, independente da dose, não houve sobreviventes após o contato com resíduos do inseticida Etofenproxi e da testemunha positiva (Tiametoxam).

5. DISCUSSÃO

Independente da dose e modo de exposição, o contato das abelhas *A. mellifera* com o inseticida Etofenproxi foi extremamente tóxico, sendo semelhantes aos resultados proporcionados pela testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, que é relatado como altamente nocivo a *A. mellifera* e causa rápida mortalidade nas abelhas (COSTA et al., 2014).

As informações sobre o efeito letal e subletal do Etofenproxi sobre as abelhas são escassas, havendo poucos trabalhos sobre o tema. Com isso, a mortalidade das abelhas *A. mellifera* pode ser explicada pelo mecanismo de ação do Etofenproxi. Trata-se de um inseticida de contato, que age no sistema nervoso e muscular, tendo ação similar aos piretróides, isto é, seu mecanismo de ação pertence aos

moduladores de canais de sódio, atuando na desregulação da entrada e saída de sódio (Na) e potássio (K) na célula nervosa. Inseticidas com esse mecanismo de ação invadem permanentemente as células com sódio, o que leva a impulsos repetitivos, fadiga muscular e a morte (IRAC, 2018; BOSCHIERO, 2022).

É importante destacar que as abelhas expostas no modo de exposição via pulverização direta e ao contato com resíduos do inseticida, independente da dose aplicada, foi constatado a mortalidade de 100% das abelhas, fato que provavelmente pode ser explicado devido ao Etofenproxi possuir forte ação de contato.

As abelhas expostas ao Etofenproxi, apresentaram distúrbios motores como paralisia, prostração e tremores antes da morte, assim como foi possível perceber uma alta velocidade de mortalidade de *A. mellifera*. Fatos estes, foram semelhantes aos relatados por Costa et al. (2014), no qual, avaliaram a toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do meloeiro sobre adultos de *A. mellifera*, utilizando três formas de exposição: pulverização direta, dieta contaminada com inseticida e contato com folhas pulverizadas. Dentre os inseticidas avaliados pelos supracitados autores, o inseticida Deltametrina, pertencente ao grupo químico dos piretróides, na maior dose recomendada pelo fabricante, provocou rápida mortalidade quando pulverizado diretamente sobre as abelhas, apresentando TL₅₀ de 1h. Para os modos de exposição ingestão de dieta contaminada e contato com resíduos do produto, foi observada toxicidade moderada, com TL₅₀ de 79,84h via dieta contaminada e 44,12h via contato com resíduos. Em todos os modos de exposições, pode-se observar que as abelhas apresentaram distúrbios motores como tremores seguido de paralisia, caracterizando o efeito “Knockdown”, na qual é uma característica desse grupo de inseticida.

Decourtye et al. (2004) avaliaram os efeitos da Deltametrina em abelhas operárias, e observaram que o inseticida diminuiu a capacidade de forrageamento, apresentando também um efeito letal para as abelhas. Em alguns estudos, revelam que quando as abelhas entram em contato com produtos químicos, efeitos letais e subletais podem ocorrer, comprometendo o comportamento comum das abelhas, a conservação e sobrevivência das colônias em longo prazo (GOMES et al., 2020).

Em relação a capacidade de voo, foi verificado que as abelhas que sobreviveram no modo de exposição via dieta contaminada foram prejudicadas. Pacifico da Silva et al. (2016), destacaram que doses subletais de inseticidas podem, entre outras consequências, afetar a capacidade de aprendizagem e orientação. A

atividade forrageira das abelhas estaria prejudicada, e conseqüentemente a coleta de alimentos e retorno a colmeia (GOULSON, 2013).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que o inseticida Etofenproxi, nas doses registradas para uso em meloeiro e independente do modo de exposição, causa alta mortalidade e prejuízos motores nas operárias adultas de *A. mellifera*. Vale ressaltar que esses são os primeiros resultados com as doses mínima e máxima do inseticida Etofenproxi registrado para o manejo de pragas em meloeiro, em diferentes modos de exposições, sobre a abelha *A. mellifera*.

Com isso, os resultados alcançados irão subsidiar novas pesquisas e contribuir para o desenvolvimento de um sistema de manejo sustentável de polinizadores em áreas agrícolas, auxiliando nos esforços globais voltados a preservação de abelhas na agricultura.

6. CONCLUSÃO

Independentemente da dose, o inseticida Etofenproxi demonstrou-se altamente tóxico para as operárias adultas da abelha *A. mellifera* via ingestão de dieta contaminada, pulverização direta e contato com resíduos do produto em folhas de meloeiro.

O Etofenproxi causou um impacto negativo na capacidade de voo de *A. mellifera*.

7. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.
- ALMEIDA, J.H.S. **Sistema de produção de melão cv. Valenciano Amarelo para o Estado do Rio Grande do Norte**. Mossoró: ESAM, 43 p. 1992.
- BARGANSKA, Z.; SLEBIODA, M.; NAMIESNIK, J. Honey bee and their products: bioindicator soft environmental contamination. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 46, n.3, p. 235–248, 2016.
- BOSCHIERO, B. A. **INSETICIDAS: Mecanismos de ação dos principais grupos químicos**. AGROADVANCE, 2022. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/inseticidas-mecanismos-de-acao/>.
- BUZATO, S.; GIANNINI, T. C.; MACHADO, I. C.; SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Polinizadores vertebrados: uma visão geral para as espécies brasileiras. **Polinizadores no Brasil contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 119-141, 2012.
- CAIRES, S. C.; BARCELOS, D. Colapso das abelhas: Possíveis causas e consequências do seu desaparecimento na natureza. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 5, n. 1, p. 11-15, 2017.
- CASTILHOS, D.; BERGAMO, G. C.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v. 50, n. 263, p. 263–272, 2019.
- CHAM, K. de O.; REBELO, R. M.; OLIVEIRA, R. de P.; FERRO, A. A.; VIANASILVA, F. E. de C.; BORGES, L. de O.; SARETTO, C. O. S. D.; TONELLI, C. A. M.; MACEDO, T.C. **Manual de avaliação de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas**. Brasília: Ibama/Diqua, 2017. 105p.

- CHRISTEN, V.; FENT, K. Exposure of honey bees (*Apis mellifera*) to different classes of insecticides exhibit distinct molecular effect patterns at concentrations that mimic environmental contamination. **Environmental Pollution**, v. 226, p. 48-59, 2017.
- CORBY-HARRIS, V.; SNYDER, L.; MEADOR, C. A. D.; NALDO, R.; MOTT, B.; ANDERSON, K. E. Parasaccharibacter apium, gen. nov., sp. nov., improves honey bee (Hymenoptera: Apidae) resistance to Nosema. **Journal of economic entomology**, v. 109, n. 2, p. 537-543, 2016.
- COSTA, E.M.; ARAUJO, E.L.; MAIA, A.V.P.; SILVA, F.E.L.; BEZERRA, C.E.S.; SILVA, J.G. Toxicity of insecticides used in the Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 45, n. 1, p. 34-44, 2014.
- DECOURTYE, A.; et al. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.57, p.410-419, 2004.
- DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop pollination by bees**. Oxon: CABI Publishing, 344 p, 2005.
- DEVINE, G.J.; FURLONG, M.J. Insecticide use: contexts and ecological consequences. **Agriculture and Human Values**, v.24, n. 3, p.281-306, 2007.
- DINTER, A.; BRUGGER, K. E.; FROST, N. M.; WOODWARD, M. D. Chlorantraniliprole (Rynaxypyr): A novel DuPont™ insecticide with low toxicity and low risk for honey bees (*Apis mellifera*) and bumble bees (*Bombus terrestris*) providing excellent tools for uses in integrated pest management. **Julius-Kühn-Archiv, Berlim**, n. 423, p. 84-96, 2009.
- EL-MASARAWY, M. S.; EL-BLENDARY, H. M.; EL-HELALY, A. M. A. The effect of using imidacloprid and chlorpyrifos and their nanoforms on certain characteristics of honeybee *Apis mellifera* L. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, n. 1, p. 1037 – 1042, 2021.
- FRAZIER, M. T.; MULLIN, C.A.; FRAZIER, J. L; ASHCRAFT, S. A.; LESLIE, T. W.; MUSSEN, E.C.; DRUMOND, F. A. Assessing honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging populations and the potential impact of pesticides on eight US crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 2141-2152, 2015.

- GARIBALDI, L. A.; CARCALHEIRO, L. G.; VAISSIERE, B. E.; GEMMILL-HERREN, B.; HIPOLITO, L.; FREITAS, B. M.; NGO, H. T.; AZZU, N; SAEZ, A.; ASTROM, J.; AN, J.; BLOCHTEIN, B.; BUCHORI, D.; GARCIA, F. J.;. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.
- GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. THE Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n.3 p. 847-857, 2015.
- GILL, R. J.; RAMOS-RODRIGUES, O.; RAINE, N. E. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. **Nature**, v. 491, n. 7422, p. 105- 108. 2012.
- GODFRAY, H. C. J.; BLACQUIÈRE, T.; FIELD, F. M.; HAILS, R. S.; PETROKOFISKY, G.; POTTS, S. G.; RAINE, N. E.; VANDERGEN, A. J.; MCLEAN, A. R. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. **The Royal Society B**, v. 281, 2014.
- GOMES, I. N.; VIEIRA, K. I. C.; GONTIJO, L. M.; RESENDE, H. C. Honeybee survival and flight capacity are compromised by insecticides used for controlling melon pests in Brazil. **Ecotoxicology**, v. 29, n. 1, p. 97 – 107, 2020.
- GOULSON, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 4, p. 977-987, 2013.
- HEARD, M. S.; BAAS, J.; DORNE, J. L.; LAHIVE, E.; ROBINSON, A. G.; RORTAIS, A.; SPURGEON, D. J.; SVENDSEN, C.; HESKETH, H. Comparative toxicity of pesticides and environmental contaminants in bees: Are honey bees a useful proxy for wild bee species? **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 357–365, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>

- IRAC, **Comitê de Ação a Resistência a Inseticidas**. Classificação do Modo de Ação de Inseticidas A Chave para o Manejo da Resistência a Inseticidas. 2018. Disponível em: <https://irac-online.org/documents/classificacao-do-modo-de-acao>.
- KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. Pollinators, flowering plants and conservation biology. **BioScience**, v.47, n. 1, p.297-307, 1997.
- KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. A. **Polinização Agrícola por Insetos no Brasil**. Maranguape, Uni-freiburg. 2020.
- LARSON, J. L.; REDMOND, C. T.; POTTER, D. A. Assessing Insecticide Hazard to Humble Bees Foraging on Flowering Weeds in Treated Lawns. **PlosOne**, v. 8, n. 6, 2013.
- LEONHARDT, S. D.; GALLAI, N.; GARIBALDI, L. A.; KUHLMANN, M.; KLEIN, A. M. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 6, p. 461-471, 2013.
- MACIEL, F. A. O.; BRAGA, A. R.; DA SILVA, T. L. C.; FREITAS, B. M.; GOMES, D. G. Reconhecimento de padrões sazonais em colônias de abelhas *Apis mellifera* via clusterização. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 10, n. 3, p. 74-88, 2018.
- NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honeybee colony losses. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 1–6, 2010.
- OLDROYD, B. P. What's killing American honey bees? **PLoS Biology**, v. 5, n. 6, p. e168, 2007.
- OLIVEIRA, M. O. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. **ACTA Apicola Brasílica**, v. 3, n. 2, p. 01-06, 2015.
- OLIVER, C. J.; SOFTLEY, S.; WILLIAMSON, S. M.; STEVENSON, P. C.; WRIGHT, G. A. Pyrethroids and nectar toxins have subtle effects on the motor function, grooming and wing fanning behaviour of honeybees (*Apis mellifera*). **Plos One**, San Francisco, v.10, n.8, p. 1-12, 2015.

- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.
- ORSI, R. O.; LUNARDI, J. S.; ZALUSKI, R. Evaluation of Motor Changes and Toxicity of Insecticides Fipronil and Imidacloprid in Africanized Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 64, n. 1, p. 50-56, 2017.
- PACÍFICO-DA-SILVA, I.; MELO, M. M.; BLANCO, B. S. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. **Revista brasileira de higiene e sanidade animal**, v. 10, n. 1, p. 142157, 2016.
- PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.
- PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD?. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A **language and environment for statistical computing**. 2019. Disponível em <http://www.r-project.org/>.
- ROSSI, C. A., ROAT, T. C., TAVARES, D. A., CINTRA-SOCOLOWSKI, P., MALASPINA, O. Effects of sublethal doses of imidacloprid in malpighian tubules of africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 76, n. 5, p. 552-558, 2013.
- SEBRAE. **O cultivo e o mercado de melão**. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-melao,5a8837b644134410VgnVCM2000003c74010aRCRD>.
- SHI, J.; YANG, H.; YU, L.; LIAO, C.; LIU, Y.; JIN, M.; YAN, W.; WU, X. B. Sublethal acetamiprid doses negatively affect the lifespans and foraging behaviors of honey bee (*Apis mellifera* L.) workers. **Science of The Total Environment**, v. 738, n. 1, p. 170 – 179, 2020.

- SOUSA, R. M. **Polinização, manejo de colmeias e requerimentos do meloeiro**. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERAPO, D. **Produção Integrada de Melão**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, 2008.
- SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; NETO, A. A. S.; PEREIRA, T. F. C. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú – CE – Brasil. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.238-242, 2009.
- TANING, C. N. T.; VANOMMESLAEGHE, A.; SMAGGHE, G. With or with-out foraging for food, field-realistic concentrations of sulfoxaflor are equally toxic to bumblebees (*Bombus terrestris*). **Entomologia Generalis**, v. 39, n. 2, p. 151 – 155, 2019.
- TOMÉ, H. V. V.; BARBOSA, W. F.; MARTINS, G. F.; GUEDES, R. N. C.; Spinosad in the native stingless bee *Melipona quadrifasciata*: Regrettable nontarget toxicity of a bioinsecticide. **Chemosphere**, v. 124, n. 9, p. 103–109, 2015.
- VANENGELSDORP, D.; EVANS, J.D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B.K.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D.; CHEN, Y.; UNDERWOOD, R.; TARPY, D.R.; PETTIS, J.S. Colony collapse disorder: a descriptive study. **Plos One**, v.4, e6481, 2009.
- VARIKOU, K.; GARANTONAKIS, N.; BIROURAKI, A. Exposure of *Bombus terrestris* L. to three different active ingredients and two application methods for olive pest control. **Entomologia Generalis**, v. 39, n. 1, p. 53 – 60, 2019.
- WANG, Y.; ZHU, Y. C.; LI, W. Interaction patterns and combined toxic effects of acetamiprid in combination with seven pesticides on honey bee (*Apis mellifera* L.). **Environmental Pollution**, v. 190, n. 1, p. 58 – 65, 2020.
- WU-SMART, J.; SPIVAK, M. Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. **Scientific Reports**, v. 6, n. 32108, 2016.
- ZHANG, Z. Y.; LI, Z.; HUANG, Q.; ZHANG, X. W.; KE, L.; YAN, W. Y.; ZHANG, L. Z.; ZENG, Z. J. Deltamethrin Impairs Honeybees (*Apis mellifera*) Dancing Communication. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 78, n. 1, p. 117 – 123, 2019.