



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CAMPUS POMBAL - PB**

**TOXICIDADE DE MANDIPROPAMIDA SOBRE *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE)**

EVERALDO DA NOBREGA LINHARES FILHO

**POMBAL-PB
FEVEREIRO, 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CAMPUS POMBAL - PB**

**TOXICIDADE DE MANDIPROPAMIDA SOBRE *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE)**

EVERALDO DA NOBREGA LINHARES FILHO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da Uni-
versidade Federal de Campina Grande, Cam-
pus Pombal, como um dos requisitos para ob-
tenção do grau de Bacharel em Agronomia.

ORIENTADOR: Dr. Ewerton Marinho Da Costa.

**POMBAL – PB
FEVEREIRO, 2023**

L755t Linhares Filho, Everaldo da Nóbrega.
Toxicidade de Mandipropamida sobre *Apis mellifera*
(Hymenoptera: Apidae) / Everaldo da Nóbrega Linhares Filho. –
Pombal, 2023.
21 f. il.

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 de fungicida. 2. Abelha africanizada. 3. Pesticidas.
4. Mortalidade de abelhas. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 632.95.024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CAMPUS POMBAL - PB

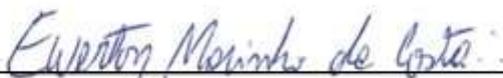
TOXICIDADE DE MANDIPROPAMIDA SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA:
APIDAE)

EVERALDO DA NOBREGA LINHARES FILHO

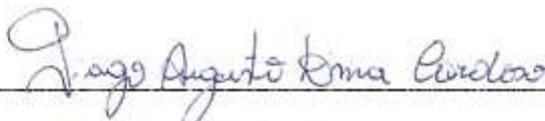
Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da Uni-
versidade Federal de Campina Grande, Cam-
pus Pombal, como um dos requisitos para ob-
tenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Apresentada em: **08/02/2023**

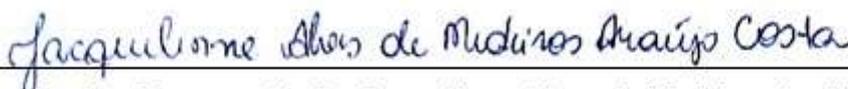
BANCA EXAMINADORA



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



Examinador interno – D. Sc. Tiago Augusto Lima Cardoso
(UAGRA/CCTA/UFCG)



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

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para chegar até aqui, aos meus pais Everaldo da Nóbrega Linhares e Tereza Linhares da Nóbrega, a minha filha Lúcia Sophia Linhares da Silva, a minha esposa Vanessa da Silva Vieira, a meu grande amigo Jose Gabriel Lima de Souza, e minha tia Maria Lúcia Linhares (In memoriam), por todo apoio e amor a mim destinado para que esse sonho se concretizasse.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder sabedoria, força e coragem para superar os obstáculos.

Aos meus pais, Everaldo da Nóbrega Linhares e Tereza Linhares da Nóbrega, por todo apoio, carinho e dedicação, vocês são meu maior orgulho.

A minha filha, Lúcia Sophia Linhares da Silva, por ser minha maior motivação, e minha Esposa, Vanessa da Silva Vieira, por me incentivar todos os dias a correr atrás dos meus sonhos.

A minha tia, Maria Lúcia Linhares (*In memoriam*), por ter o sonho de me ver graduado e sempre me incentivar nos estudos.

As minhas irmãs, Sara Raquel e Camila, pelo incentivo.

A toda minha família, que de forma direta ou indiretamente ajudou na minha educação e caráter.

Aos meus grandes amigos, José Gabriel, Tiago Albuquerque, Gustavo Dantas, Paulo Emanuel, Rafael Silva, José Amaro e Diego Paiva, pela amizade e companheirismo.

Ao GEENTO, em especial aos colegas, Daiane, João Vitor, Victor Hugo, Poliana, Ismar Dantas, Leticia, Maressa, Alesia, Diandra e ao técnico do laboratório Tiago pela ajuda na condução do experimento.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa, pela orientação, ensinamentos, conselhos e paciência durante a minha formação acadêmica.

A secretaria de Agricultura e Abastecimento do município de Pombal – PB, e todos os seus funcionários, em especial, ao secretário Fernando Gomes, pela oportunidade de estágio concedida a mim, contribuindo para minha formação acadêmica.

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e a todo seu corpo docente que contribuiu com o conhecimento e formação profissional.

MEU MUITO OBRIGADO!

TOXICIDADE DE MANDIPROPAMIDA SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)

RESUMO:

Diversas culturas de importância agrícola dependem da polinização realizada por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), como, por exemplo, as cucurbitáceas. Entretanto, durante seu cultivo é necessário utilizar o controle químico de pragas e doenças, fato que pode gerar impacto negativo sobre os polinizadores, uma vez que as abelhas podem entrar em contato com os pesticidas basicamente de três formas distintas, que são o contato direto com gotículas durante as pulverizações, caminhar sobre superfície contaminada e ingestão de alimento contaminado. Portanto, objetivou-se avaliar a toxicidade do fungicida Mandipropamida sobre a abelha africanizada *A. mellifera*, por meio da pulverização direta sobre as abelhas e fornecimento de alimento contaminada com fungicida. 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 utilizadas operárias adultas de *A. mellifera*, sendo realizados dois bioensaios distintos, correspondentes a duas formas de exposição: pulverização direta sobre as abelhas adultas e fornecimento de alimento contaminada pelo fungicida Mandipropamida, nas doses mínima (0,1 g i.a/L) e máxima (0,15g i.a/L) recomendadas pelo fabricante. Após o contato com o fungicida, foram avaliadas a mortalidade e comportamento das abelhas durante um período de 48 horas. Para as abelhas que sobreviveram, foi avaliada a capacidade de voo. Independentemente do modo de exposição e dose avaliada, observou-se que o fungicida ocasionou mortalidade abaixo de 20% e tempo letal mediano (TL₅₀) de 437,2 horas no modo de exposição ingestão de dieta contaminada e 324,1 horas via pulverização direta. Em relação a capacidade de voo, observou-se diferença estatística entre a testemunha absoluta e a dose 0,15g i.a./L do fungicida para o modo de exposição ingestão de alimento contaminado, no qual as abelhas expostas ao fungicida atingiram em menor quantidade a altura máxima de voo. Independente da dose e modo de exposição, o fungicida Mandipropamida apresenta pouco efeito tóxico para as operárias adultas de *A. mellifera*. Contudo, na maior dose avaliada e no modo de exposição via ingestão de alimento contaminado, ocasionou leve redução da capacidade de voo das abelhas.

Palavras Chaves: abelhas; pesticidas; fungicida; mortalidade.

TOXICITY OF MANDIPROPAMIDE ON *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)

ABSTRACT:

Several crops of agricultural importance depend on pollination by honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), such as cucurbits. However, during its cultivation it is necessary to use chemical control of pests and diseases, a fact that can have a negative impact on pollinators, since bees can come into contact with pesticides basically in three different ways, which are direct contact with droplets during spraying, contact on residuals in the plants and ingestion of contaminated food. Therefore, the aim was to evaluate the toxicity of the fungicide Mandipropamide on the Africanized bee *A. mellifera*, through direct spraying on the bees and supplying food contaminated with fungicide. This study 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. Adult workers of *A. mellifera* were used, with two different bioassays being carried out, corresponding to two forms of exposure: direct spraying on adult bees and supply of food contaminated by the fungicide Mandipropamide, at the minimum doses (0.1 g i.a/L) and maximum (0.15g i.a/L) recommended by the manufacturer. After contact with the fungicide, the mortality and behavior of the bees were evaluated during a period of 48 hours. For the bees that survived, the ability to fly was evaluated. Regardless of the mode of exposure and evaluated dose, it was observed that the fungicide caused mortality below 20% and median lethal time (TL50) of 437.2 hours in the mode of exposure ingestion of contaminated diet and 324.1 hours via spraying direct. Regarding flight capacity, there was a statistical difference between the absolute control and the dose of 0.15g i.a./L of the fungicide for the mode of exposure ingestion of contaminated food, which the bees exposed to the fungicide reached a lower height maximum flight. Regardless of dose and mode of exposure, the fungicide Mandipropamide has little toxic effect on adult workers of *A. mellifera*. However, at the highest evaluated dose and in the mode of exposure via ingestion of contaminated food, it caused a slight reduction in the flight capacity of the bees.

Keywords: bees; pesticides; fungicide; mortality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mortalidade (%) de abelhas <i>A. mellifera</i> após exposição ao alimento contaminado e pulverização direta, Pombal-PB, 2022. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.	10
Figura 2 - Sobrevivência (%) de abelhas <i>A. mellifera</i> após o contato com alimento contaminado com o fungicida Mandipropamida, tempos letais (TL50) em horas, Pombal-PB, 2022. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.	11
Figura 3 - Sobrevivência (%) <i>A. mellifera</i> após o contato com pulverização direta com o fungicida Mandipropamida, tempos letais (TL50) em horas, Pombal-PB, 2022. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.	11
Figura 4 - Porcentagem da capacidade de voo de <i>A. mellifera</i> após contato com Alimento contaminado e pulverização direta ao Mandipropamida, Pombal-PB, 2022. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.	12
Figura 5 - Altura de voo de <i>A. mellifera</i> após contato com Alimento contaminado e pulverização direta ao Mandipropamida, Pombal-PB, 2022. Fonte: dados da pesquisa, 2023.	13

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Fungicida e suas dosagens (mínima e máxima) avaliadas com relação à toxicidade residual sobre <i>Apis mellifera</i> , Pombal-PB, 2022.	6
--	---

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
	2.1 IMPORTÂNCIA DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> PARA POLINIZAÇÃO DE CUCURBITÁCEAS	2
	2.2 FORMAS DE EXPOSIÇÃO DAS ABELHAS AOS PESTICIDAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS	2
	2.3 TOXICIDADE DE PESTICIDAS SOBRE <i>Apis mellifera</i>	3
3	MATERIAL E MÉTODOS	6
	3.1 BIOENSAIO 1: FORNECIMENTO DE PASTA CÂNDI CONTAMINADA COM MANDIPROPAMIDA A <i>Apis mellifera</i>	7
	3.2 BIOENSAIO 2: PULVERIZAÇÃO DO FUNGICIDA SOBRE <i>Apis mellifera</i>	7
	3.3 BIOENSAIO 3: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO AO FUNGICIDA MANDIPROPAMIDA	8
4	ANÁLISE DOS DADOS	9
5	RESULTADOS	10
6	DISCUSSÃO	14
7	CONCLUSÃO	16
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

Várias culturas de importância agrícola são dependentes da polinização realizada por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) para produção de frutos, como por exemplo, as cucurbitáceas (MALERBO-SOUZA et al., 2003; GIANNINI et al., 2015, KLEIN et al., 2020). Contudo, durante o período de cultivo das cucurbitáceas é necessário utilizar o controle químico de pragas e doenças, fato que pode gerar impacto negativo sobre os polinizadores. Sabe-se que uma das principais causas do declínio de polinizadores em áreas agrícolas é o uso abusivo de pesticidas, principalmente nas extensas áreas ocupadas com monocultivos (FLETCHER; BARNETT 2003; FREITAS et al. 2009).

As abelhas podem entrar em contato com os pesticidas basicamente de três formas distintas, que são o contato direto com gotículas durante as pulverizações, caminhar sobre superfície contaminada (Residual) e ingestão de alimento contaminado (DELAPLANE; MAYER, 2005). O contato com os pesticidas pode causar a morte ou até mesmo provocar distúrbios como perda de coordenação motora, tremores e redução da capacidade de voo. Diante disso, torna-se fundamental avaliar a toxicidade dos pesticidas utilizados na agricultura sobre as abelhas.

Além dos inseticidas, as abelhas estão expostas também a outros produtos químicos de uso agrícola, como por exemplo, os fungicidas (CHARLTON e JONES, 2007). O fungicida Mandipropamida pertencente à classe química dos aminoácidos e amidas carbâmicos sistêmicos, com ação protetora e profundidade (translaminar). Possui registro para diversas culturas que necessitam da presença de *A. mellifera* para polinização, como o meloeiro (*Cucumis melo*) e melancia (*Citrullus lanatus*), sendo utilizados no controle de diversos fungos (AGROFIT, 2022). No entanto, não há informações sobre o seu efeito sobre as abelhas nas doses registradas e em diferentes formas de exposição. Segundo Pinheiro e Freitas (2010), a falta de informações a respeito dos efeitos dos pesticidas sobre as abelhas representa um dos entraves para uso sustentável de polinizadores nas áreas agrícolas.

Portanto, objetivou-se avaliar a toxicidade do fungicida Mandipropamida sobre a abelha africanizada *A. mellifera*, por meio da pulverização direta sobre as abelhas e fornecimento de alimento contaminado com fungicida.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA ABELHA *Apis mellifera* PARA POLINIZAÇÃO DE CURBITÁCEAS

A ordem Hymenoptera é a mais importante para conservação vegetal por abrigar o maior número de polinizadores. É a terceira em número de espécies dentro da classe Insecta, abrigando formigas, vespas e abelhas, estas por sua vez, encontram no pólen e no néctar a sua principal fonte de energia (SILVA, 2006).

A polinização é um dos principais mecanismos de manutenção da biodiversidade das angiospermas, sendo fundamental para produção de frutos e sementes (FAO, 2010). As abelhas têm papel importante na produção de alimentos e manutenção da vida na terra. Segundo Giannini et al. (2015), cerca de 30% das culturas apresentam alta dependência por polinizadores para atingir uma produção satisfatória, estimando-se que a contribuição econômica dos agentes polinizadores seja de aproximadamente US\$ 12 bilhões por ano no Brasil.

As abelhas são as principais responsáveis pela polinização das cucurbitáceas (FREE, 1993). A produção de melão (*Cucumis melo*) somente é possível por meio da polinização realizada por *A. mellifera*, pois na ausência das mesmas, ocorre uma alta incidência de aborto em flores, reduzindo severamente o rendimento produtivo da cultura (ARAÚJO et al. 2004). As grandes áreas cultivadas com meloeiro na região nordeste do Brasil, dependem da polinização cruzada realizadas pelas abelhas, para assegurar a produção dos frutos (SOUSA, 2008; SOUSA et al., 2009). Para garantir a produtividade e qualidade dos frutos do meloeiro em escala comercial é preciso utilizar de sistemas de manejo tecnificados. Entre as estratégias de manejo está a prática de apicultura migratória, que é a adição de colmeias de *A. mellifera* nas áreas de produção, isso vai garantir polinização positiva e conseqüentemente a obtenção de frutos (SOUSA, 2008; SOUSA et al., 2009).

2.2 FORMAS DE EXPOSIÇÃO DAS ABELHAS AOS PESTICIDAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS

A utilização desordenada dos pesticidas pode prejudicar o meio ambiente, ocasionando problemas à saúde dos seres vivos e problemas associados com a presença de resíduos dos produtos em alimentos (RICE et al., 2007; KHALILI-ZANJANI et al.,

2008). O uso desordenado de pesticidas visando alta produtividade e rentabilidade, é apontado como o fator mais impactante sobre a sobrevivência dos polinizadores em campo (RIBEIRO et al. 2017). O uso de produtos químicos utilizados no controle de pragas e doenças nas lavouras, acabam atuando não somente sobre pragas específicas mais também em insetos benéficos como a *A. mellifera*. Geralmente as abelhas são contaminadas por pesticidas através da coleta de néctar e pólen, e pode atingir em maior ou menor extensão a colônia. Ainda em menor proporção, partículas suspensas no ar são interceptadas por abelhas e ficam aderidas nos pelos superficiais de seu corpo ou são inalados e aderidas em seu aparelho respiratório (JAY, 1986; RISSATO et al., 2006; BONZINI et al., 2011).

Os inseticidas causam efeitos de toxicidade aguda, podendo provocar a morte das abelhas, e também provocar alterações comportamentais nas mesmas, que ao longo do tempo acarretará sérios prejuízos na manutenção da colônia. Em outras situações, o efeito de inseticidas nas abelhas pode não ser notado imediatamente, sendo necessárias avaliações empregando doses letais e subletais, para que seja possível observar sua influência na sobrevivência, fisiologia e comportamento (MEDRZYCHI et al, 2003).

De acordo Freitas e Pinheiro (2010), a aplicação de pesticidas pode afetar as abelhas por diversos fatores, como por exemplo, a toxicidade do princípio ativo, a atividade residual e o tipo de aplicação. Os inseticidas podem prejudicar as abelhas também pelo contato, pela ingestão e por meio da fumigação. Os efeitos tóxicos estão fortemente ligados às concentrações administradas e o tempo de exposição (MALASPINA, 1979).

2.3 TOXICIDADE DE PESTICIDAS SOBRE *Apis mellifera*

A intensificação da agricultura e a expansão das fronteiras agrícolas têm ameaçado os ecossistemas, a biodiversidade, trazendo riscos a polinização (GARIBALDI et al., 2011). Há um declínio no número de polinizadores domésticos e silvestres e nos serviços de polinização em diferentes regiões do globo (POTTS et al., 2010). Esse declínio está relacionado a vários fatores, sendo a perda e fragmentação dos habitats naturais, incidência de doenças, ataques de pragas e uso intensivo de pesticidas as principais causas (PIRES et al., 2016).

Segundo vanEngelsdorp et al. (2011), nos Estados Unidos, houveram perdas sucessivas, na ordem de 30%, em colônias manejadas de *A. mellifera*. Os mesmos

autores verificaram que as colônias entravam em colapso, apresentando sintomas definidos, entretanto com causa desconhecida. O conjunto de sintomas registrado por vanEngelsdorp et al. (2009) são: rápida perda de abelhas operárias, evidenciada pelo enfraquecimento ou morte da colônia com excesso de crias, em comparação ao número de abelhas adultas; ausência de crias e abelhas adultas mortas dentro ou fora da colmeia; e ausência de invasão imediata da colmeia por pragas como, por exemplo, traças. A síndrome passou a ser conhecida como “Colony Collapse Disorder” (CCD) (Distúrbio do Colapso das Colônias, em português), sendo associado a diversos fatores como estresse causado por patógenos, manejo inadequado das colônias, má nutrição, intoxicação por pesticidas e a combinação desses fatores (VANENGELSDORP et al., 2009).

No Brasil, as colônias de *A. mellifera* não apresentam grandes problemas com doenças, suas principais perdas são ocasionadas pela aplicação de pesticidas nas lavouras (CASTILHOS et al., 2019). Na agricultura brasileira, utiliza-se diversas classes de agrotóxicos para o controle de pragas, sendo a intoxicação das abelhas relacionadas apenas a doses letais dos compostos químicos (PIRES, et al., 2016). Entretanto, atualmente, aumentou-se as preocupações com os possíveis efeitos subletais sobre o comportamento das abelhas, não levando a morte imediata, mas afetando o comportamento, desenvolvimento e imunidade, causando problemas crônicos para exposições por longos períodos (WHITEHORN et al., 2012).

Segundo Goulson (2015), os efeitos subletais dos pesticidas relacionados à síndrome CCD vem crescendo nos últimos anos, principalmente com o uso dos neonicotinoides, que são relacionados a alterações comportamentais, morfológicas, na aprendizagem (DECOURTYE et al, 2004), na capacidade de forrageamento (SCHNEIDER et al., 2012), e vigor da colônia (WHITEHORN et al., 2012). Budge et al. (2015) relatam perdas de colônias relacionadas ao uso de imidacloprido (inseticida do grupo dos neonicotinoides). Dively et al. (2015) encontraram alterações expressivas na taxa de sobrevivência das abelhas quando expostas às doses 20 e 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de imidacloprido. Em bioensaios, as doses recomendadas de glifosato, herbicida utilizado no controle de plantas daninhas, prejudicaram o comportamento das abelhas causando sensibilidade a sacarose (HERBERT et al., 2014), a habilidade de navegação (BALBUENA et al., 2015) e o estabelecimento de sistemas complexos de associação (HERBERT et al., 2014). Para Pires et al. (2016), esses efeitos adversos impactam negativamente na capacidade de forrageamento, coleta de alimento e retorno à colmeia.

Dentre os pesticidas, os fungicidas estão entre os mais encontrados em produtos apícolas como, por exemplo, a cera e o própolis (MULLIN et al., 2010). Esse fato pode ser explicado devido os fungicidas serem aplicados durante a floração, período em que as abelhas forrageiam em busca dos recursos florais (JOHNSON et al., 2013). A presença desse resíduo pode inibir o crescimento de determinados microrganismos benéficos responsáveis pela fermentação natural do pólen, comprometendo dessa forma, a alimentação das abelhas e conseqüentemente a sobrevivência das colônias (YODER et al., 2013).

Em relação aos efeitos dos fungicida sobre *A. mellifera*, poucos trabalhos foram realizados. No Brasil, Baptista et al. (2009), avaliando o fungicida Enxofre, observou que esse composto apresentou baixo efeito tóxico para as abelhas. Riedl et al. (2006) constataram que os fungicidas provocam baixa ou nenhuma mortalidade de abelhas, isso é devido aos mecanismos de ação dos fungicidas, que estão relacionados ao metabolismo específicos dos fungos. Já o uso combinado de fungicida e inseticida, pode ocorrer o sinergismo entre essas moléculas, provocando mortalidade de abelhas superior a 70%, já quando aplicado de forma isolada apresentaram mortalidade inferior a 28% (COLIN & BELZUNCES, 1992). Contudo, diante do advento de novas moléculas e do número incipiente de pesquisas com o tema, é fundamental avaliar o efeito letal e efeito subletal dos fungicidas sobre as abelhas.

Para o fungicida Mandipropamida pertencente à classe química dos aminoácidos e amidas carbâmicos sistêmicos, com ação protetora e profundidade (translaminar), não há informações sobre o seu efeito sobre as abelhas nas doses registradas e em diferentes formas de exposição. O referido fungicida possui registro para diversas culturas que necessitam da presença de *A. mellifera* para polinização, como o meloeiro e melancieira, sendo utilizados no controle de diversos fungos (AGROFIT, 2022). Diante da falta de informações, é fundamental a realização de pesquisas visando avaliar os efeitos de Mandipropamida na sobrevivência e comportamento das abelhas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia (sala climatizada a 25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ 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 abelhas africanizada *A. mellifera* das colônias pertencente ao apiário da UAGRA/CCTA/UFCG. O fungicida avaliado foi o Revus® (Mandipropamida). Salienta-se que o referido produto foi avaliado nas doses mínima e máxima recomendada pelo fabricante para o manejo de doenças nas culturas do meloeiro e melanciaira (Tabela 1). Como testemunha absoluta foi utilizada água destilada e a testemunha positiva foi constituída pela dose máxima do inseticida Tiametoxam recomendada para o uso em meloeiro (0,30 g i. a/L).

Tabela 1. Fungicida e suas dosagens (mínima e máxima) avaliadas à toxicidade sobre *Apis mellifera*, Pombal-PB, 2022.

INGREDIENTE ATIVO	GRUPO QUÍMICO	MODO DE AÇÃO	DOSE UTILIZADA	PRAGAS ALVO
Mandipropamida	Éter mandelamida	Inibição da biossíntese de fosfolipídios e deposição da parede celular	40 – 60 ml/100L de água (0,1 g i.a/L e 0,15g i.a/L)	(<i>Pseudoperonospora cubensis</i>) Mildio

A toxicidade do fungicida sobre *A. mellifera* foi avaliada por meio de dois bioensaios distintos, correspondentes a pulverização direta sobre as abelhas adultas e fornecimento de dieta contaminada por fungicida as abelhas, seguindo a metodologia proposta por Costa et al. (2014).

Para dois os bioensaios, foram utilizados como arena recipientes plásticos (15cm de diâmetro X 15cm de altura) para o confinamento das abelhas. As arenas apresentavam na sua parte superior parcialmente coberta com tela antiáfideo e as laterais com perfurações de cerca de 0,1 cm de diâmetro para possibilitar a circulação de ar no ambiente. Em cada arena foi adicionado no seu interior, pasta Cândi (dieta artificial de açúcar refinado + mel) em recipiente plástico de 28 mm de diâmetro e um

chumaço de algodão embebido em água destilada, o qual foi renovado a cada hora de avaliação. Para facilitar o manuseio das abelhas durante a realização dos bioensaios, as mesmas foram previamente anestesiadas por meio do uso de frio ($\pm 4^{\circ}\text{C}$ durante aproximadamente 90 segundos). As abelhas *A. mellifera* foram provenientes de colônias pertencentes ao apiário da UFCG/CCTA.

Os dois bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado composto por quatro tratamentos (1-Testemunha absoluta – água destilada; 2-Fungicida Mandipropamida dose 0,1 g i.a/L; 3- Fungicida Mandipropamida dose 0,15g i.a/L; 4- Inseticida Tiametoxam – 0,30 g i.a/L) e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas operárias adultas. Em todos os bioensaios foram avaliadas a mortalidade a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição ao fungicida e o comportamento (prostração, tremores, paralisia, etc.) das abelhas em cada horário de avaliação. Além disso, foi avaliada a capacidade de voo de todas as abelhas que sobreviveram após às 48 horas de exposição. Para avaliar a atividade de voo foram utilizados tuneis de voo seguindo a metodologia proposta por Gomes et al. (2020).

3.1 BIOENSAIO 1: FORNECIMENTO DE PASTA CÂNDI CONTAMINADA COM MANDIPROPAMIDA A *Apis mellifera*

Inicialmente foi preparado a pasta Cândi com 50g de açúcar de confeitiro e 10 ml de mel. Em seguida, o alimento artificial foi contaminado pelo fungicida utilizando um pulverizador manual simulando o que ocorre no campo. Após a distribuição das abelhas em números de 10 por arenas, o alimento contaminado foi inserido no interior das mesmas, juntamente com um algodão embebido em água destilada. Feito isso, observou-se a confirmação da ingestão do alimento pelas abelhas. Após a confirmação foram avaliados a mortalidade e o comportamento dos insetos a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição.

3.2 BIOENSAIO 2: PULVERIZAÇÃO DO FUNGICIDA SOBRE *Apis mellifera*

As abelhas foram distribuídas nas arenas, em seguida foi realizado a pulverização direta do fungicida sobre as mesmas, com auxílio de um pulverizador manual, simulando uma situação em campo. Em seguida a pasta Cândi e o algodão embebido em

água destilada foram dispostos no interior das arenas. Após esse procedimento observou-se os efeitos do Mandipropamida sobre as abelhas pelo período de até 48 horas.

3.3 BIOENSAIO 3: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO AO FUNGICIDA MANDIPROPAMIDA

Para todas as abelhas que sobreviveram após 48 horas de exposição ao fungicida foi avaliada a capacidade de voo. Para avaliar a capacidade de voo foi utilizada a torre de voo seguindo a metodologia proposta por Gomes et al. (2020).

A torre de voo é uma estrutura de madeira com dimensões (35 x 35 x 115 cm) revestida com plástico transparente com uma luz no topo da torre, para estimular o movimento das abelhas. O experimento foi realizado com as luzes do laboratório apagadas, sendo a luz da torre a única acesa. Cada abelha sobrevivente foi solta individualmente na base da torre e foi proporcionado um tempo de 60 segundos para que a mesma realizasse o voo. Em seguida foi registrado se as abelhas conseguiram voar ou não, bem como a altura que as abelhas atingiram. A torre de voo apresenta cinco níveis de altura: 0 (base da torre), 1 (1,0-30 cm), 2 (31-60 cm), 3 (61-90 cm), 4 (91-115 cm, topo).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

O valor de mortalidade em cada tratamento foi corrigido pela equação de Abbott (1925) para reduzir as chances de contabilizar abelhas mortas por fatores não ligados ao contato com o inseticida. O efeito dos diversos tratamentos sobre a mortalidade das abelhas foi investigado aplicando-se uma Análise de Variância com Permutação (PERMANOVA) levando-se em consideração dois fatores (tratamento com inseticida e modo de exposição) e a interação entre eles. Efeitos significativos foram investigados mais profundamente aplicando-se o teste de Wilcoxon em comparações par-a-par.

A taxa de sobrevivência ao longo do tempo foi investigada ajustando-se os dados à distribuição de Weibull através do pacote *survival* (THERNEAU; LUMLEY, 2010) no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022). Tratamentos com velocidades de mortalidade semelhantes foram agrupados por contrastes. Foram calculados tempos letais medianos (TL₅₀) para cada agrupamento.

O efeito dos tratamentos sobre a capacidade de voo também foi investigado utilizando-se PERMANOVAs seguidas do teste de Wilcoxon para cada modo de exposição. Neste caso foram considerados como fatores os tratamentos com inseticidas, a altura alcançada pela abelha e a interação entre estes fatores. Investigou-se também se os tratamentos e modos de exposição afetaram a quantidade de abelhas que conseguiu voar ou caminhar e aquelas que não conseguiram voar nem caminhar.

4 RESULTADOS

Independentemente do modo de exposição e dose avaliada, observou-se que o fungicida Mandipropamida ocasionou baixa mortalidade sobre *A. mellifera*, especialmente quando comparado com a testemunha positiva (inseticida Tiametoxam), que causou 100% de mortalidade. Mandipropamida provocou mortalidade inferior a 20% em ambos os modos de exposição, destacando-se a dose mínima via pulverização direta, que foi estatisticamente igual a testemunha absoluta (água destilada). (Figura 1).

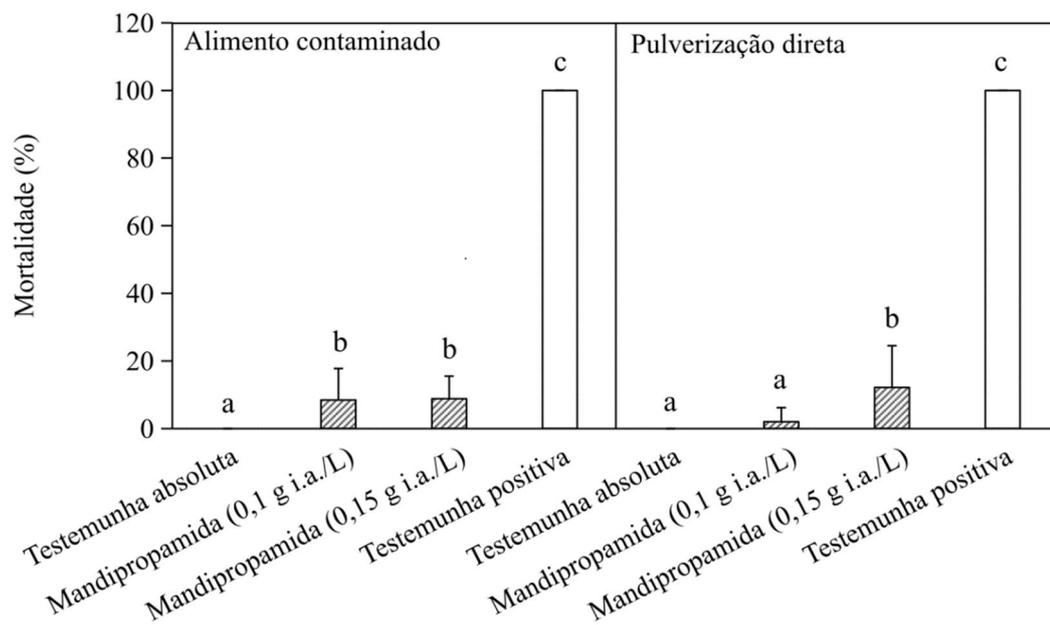


Figura 1 - Mortalidade (%) de abelhas *A. mellifera* após exposição ao alimento contaminado e pulverização direta, Pombal-PB, 2022. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023.

Em relação ao comportamento das abelhas após a exposição, não foi perceptível nenhum distúrbio motor. No que se refere a análise de Sobrevivência, foi observado que o fungicida Mandipropamida, apresentou tempo letal mediano (TL_{50}) elevado e muito superior à testemunha positiva, inseticida Tiametoxam, ou seja, além de ocasionar baixa mortalidade não proporciona letalidade em alta velocidade. Para os modos de exposição alimento contaminado e pulverização direta, as doses de Mandipropamida proporcionaram TL_{50} de 437,2 horas e 324,1 horas, respectivamente, enquanto a testemunha positiva apresentou TL_{50} de 2,965 horas via dieta contaminada e 3,034 horas via pulverização direta (Figuras 2 e 3).

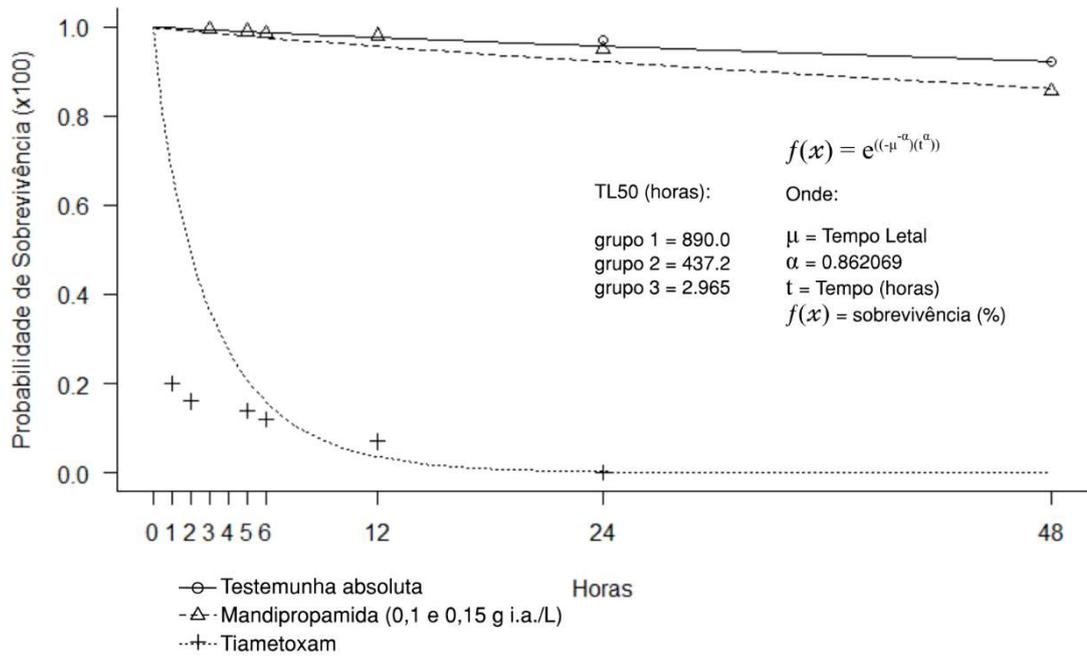


Figura 2 - Sobrevivência (%) de abelhas *A. mellifera* após o contato com alimento contaminado com o fungicida Mandipropamida, tempos letais (TL50) em horas, Pombal-PB, 2022. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023.

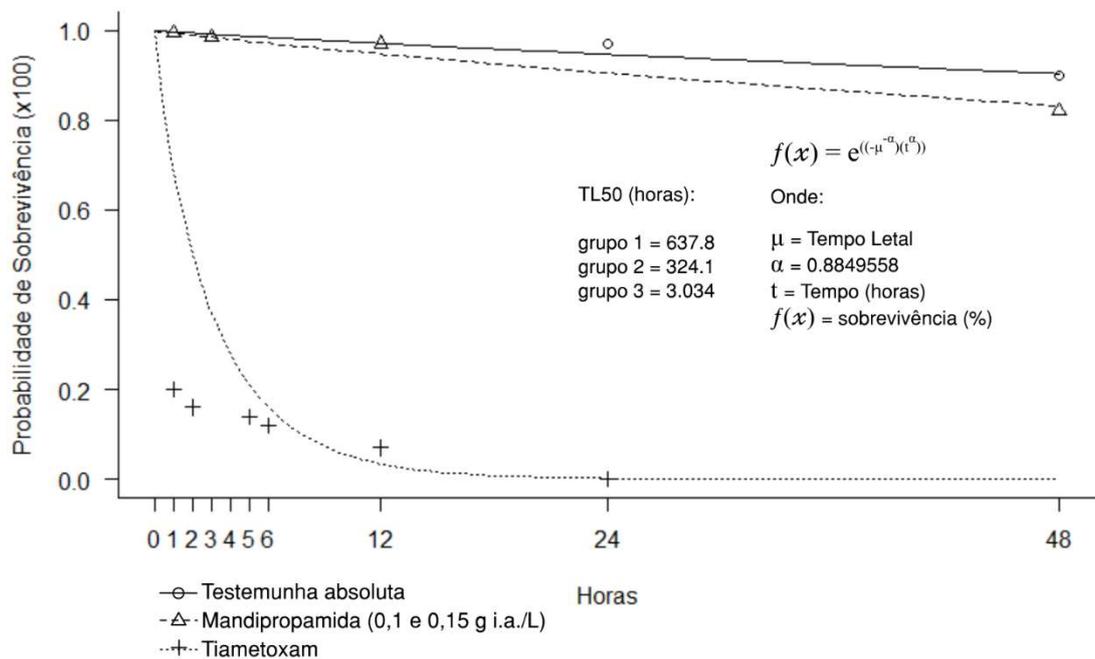


Figura 3 - Sobrevivência (%) *A. mellifera* após o contato com pulverização direta com o fungicida Mandipropamida, tempos letais (TL50) em horas, Pombal-PB, 2022. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023.

Para o teste da capacidade de voo foram avaliadas as abelhas sobreviventes da testemunha absoluta e as abelhas expostas ao fungicida Mandipropramida. No Figura 4 observa-se no modo de exposição dieta contaminada diferença entre as doses mínimas e máximas e a testemunha absoluta, apresentando diferença estatísticas entre as porcentagens dos indivíduos que voaram ou não voaram. Na testemunha absoluta cerca de 58% das abelhas voaram, enquanto para as doses 0,1 g i.a./L e 0,15g i.a./L apenas 40% e 20% voaram, respectivamente.

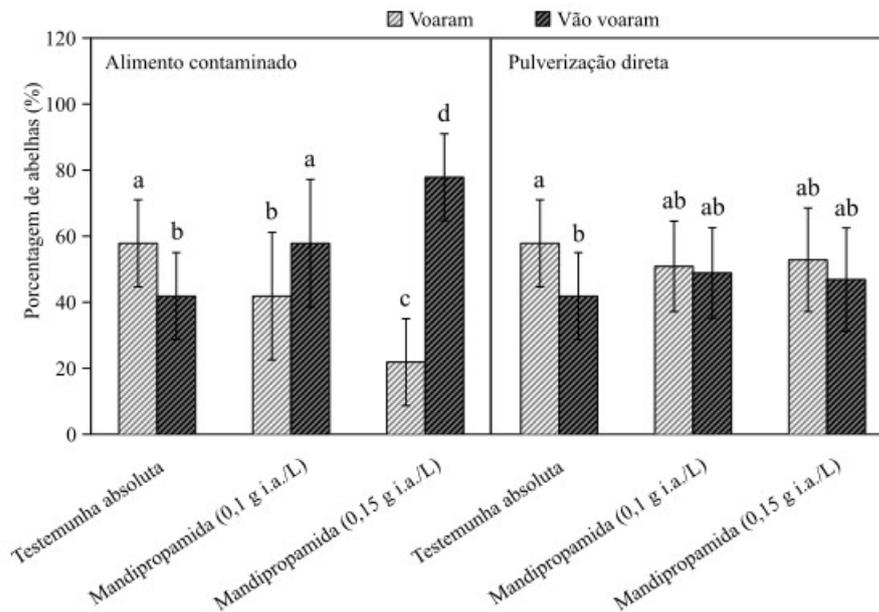


Figura 4 - Porcentagem da capacidade de voo de *A. mellifera* após contato com Alimento contaminado e pulverização direta ao Mandipropramida, Pombal-PB, 2022. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023

Já o tratamento pulverização direta apresentou resultados semelhante, entre a testemunha absoluta e as doses testadas, não deferindo estatisticamente entre as porcentagens dos indivíduos que conseguiram ou não voar nas doses máxima e mínima. Os indivíduos que conseguiram voar atingiram uma porcentagem de aproximadamente de 58% a 60%, e os que não voaram apresentou 40% das abelhas que após o contato com o fungicida não voaram.

Para a análise da altura de voo, o teste estatístico indicou diferença estatística entre a testemunha absoluta e a dose 0,15g i.a./L do fungicida para o modo de exposição ingestão de alimento contaminado (Figura 5).

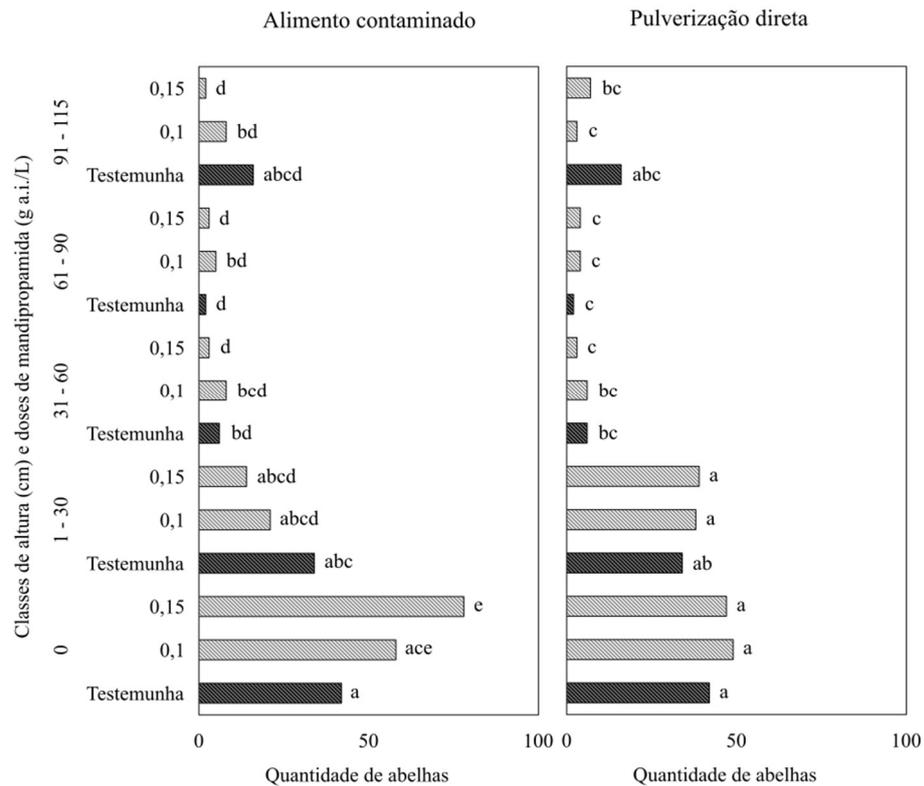


Figura 5 - Altura de voo de *A. mellifera* após contato com Alimento contaminado e pulverização direta ao Mandipropamida, Pombal-PB, 2022. **Fonte:** dados da pesquisa, 2023.

Quando expostas ao alimento contaminado com o fungicida, observa-se que o maior número de indivíduos se encontra na altura de 0 cm e que na dose 0,15 g i.a./L, aproximadamente 75 abelhas se encontram na base da torre de voo, diferindo estatisticamente da testemunha absoluta, sendo importante destacar que suas atividades motoras não estavam comprometidas. Para o modo de exposição de pulverização direta, o maior número de abelhas atingiu as alturas de 0 cm e 1-30 cm. para as doses mínima e máxima, aproximadamente 40 e 50 indivíduos se encontram nas primeiras alturas, sendo semelhante para a testemunha absoluta. É importante destacar ainda, que as abelhas atingiram todas as alturas inclusive o topo da torre de voo. Isso sugere que o fungicida Mandipropamida prejudica a capacidade de voo das abelhas para a dose de 0,15 g i.a./L e somente no modo de exposição alimento contaminado.

5 DISCUSSÃO

A baixa mortalidade observada após exposição ao fungicida Mandipropamida provavelmente está relacionada ao seu mecanismo de ação. De acordo com Riedl et al. (2006) os fungicidas podem não causar alta mortalidade em abelhas devido a seus mecanismos de ação que estão relacionados ao metabolismo específicos dos fungos. O fungicida Mandipropamida apresentou baixo efeito tóxico sobre as abelhas, com mortalidade abaixo de 20% e TL_{50} de 324,1 horas, que se assemelha com os resultados encontrados no trabalho de Baptista et al. (2009), que avaliaram o fungicida Enxofre e observaram que esse composto apresentou baixo efeito tóxico para as abelhas, com mortalidade de 12% e TL_{50} de 340,36 horas.

O fato de ter ocorrido baixa mortalidade nas abelhas operárias após o contato com o fungicida não pode ser desprezado, pois em situações de campo esses polinizadores continuam exercendo suas funções, podendo levar pólen contaminado com resíduos de fungicida para o interior da colônia. A sobrevivência dos microorganismos benéficos na colônia, que atuam na fermentação natural do pólen pode ser afetada pela presença do fungicida no interior da colônia, prejudicando o processo de fermentação e conseqüentemente a qualidade do alimento (YODER et al., 2013). Portanto, a qualidade desse alimento contaminado pode ter efeitos para todos os estágios de desenvolvimento (BRODSCHNEIDER e CRAILSHEIM, 2010). Assim, mesmo não causando mortalidade significativa para *A. mellifera* os riscos da exposição pelo Mandipropamida, ainda devem ser considerados em estudos toxicológicos uma vez que danos indiretos também podem comprometer o desenvolvimento e sobrevivência das colônias em longo prazo.

Produtos químicos como fungicidas podem ser vistos como seguros ou menos tóxico para insetos não-alvos como as abelhas, uma vez que o mesmo não apresenta a rota metabólica de ação dos inseticidas (GISI; SIEROTZKI, 2008). Entretanto na avaliação da capacidade de voo das abelhas, foi observado que o fungicida, na dose 0,15g i.a./L e modo de exposição ingestão de alimento contaminado, provocou redução do número de abelhas que conseguiu atingir o topo da torre. Esse efeito, em situações de campo, pode comprometer em longo prazo o desenvolvimento e sobrevivência da colônia, haja vista que, a capacidade de voo é imprescindível para obtenção de alimentos (DESNEUX et al., 2007). As abelhas forrageiras são essenciais para sobrevivência da colônia, quando seu comportamento é alterado em virtude do contato com pesticidas pode acabar diminuindo o desempenho dessas abelhas em campo,

interferindo em toda a dinâmica da colônia (COLIN et al., 2004). A mudança na capacidade de voo pode levar as abelhas campeiras a fazer um forrageio sem eficiência e, conseqüentemente, prejudicando toda a colônia (DESNEUX et al., 2007).

De maneira geral, verificou-se que o fungicida Mandipropamida, independente da dose testada e o tempo de exposição, não apresentou efeito tóxico as operárias adultas de *A. mellifera*. Apesar das concentrações testadas do fungicida Mandipropamida não terem ocasionado alta mortalidade sobre *A. mellifera*, os resultados da capacidade de voo, para maior dose e no modo de exposição via ingestão do alimento contaminado, indicam que os impactos de produtos como os fungicidas não devem ser negligenciados. Estes são os primeiros resultados sobre o efeito do fungicida Mandipropamida sobre operárias adultas de *A. mellifera*. Espera-se que as informações geradas no presente estudo sejam utilizadas em novas pesquisas, visando avaliar, por exemplo, o efeito do fungicida nas larvas da abelha, bem como em condições de campo.

6 CONCLUSÃO

Independente da dose e modo de exposição, o fungicida Mandipropamida apresenta pouco efeito tóxico para as operarias adultas de *A. mellifera*. Contudo, na maior dose avaliada e no modo de exposição via ingestão de alimento contaminado, ocasionou leve redução da capacidade de voo das abelhas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.

ARAÚJO, M. T. S.; SOUSA, A. H.; VASCONCELOS, W. E.; FREITAS, R. S.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA, D. S.; MARACAJÁ, P. B. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 0, 2004.

BALBUENA, M.S.; TISON, L.; HAHN, M.-L.; GREGGERS, U.; MENZEL, R.; FARINA, W.M. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. **Journal of Experimental Biology**, v.218, p.2799-2805, 2015.

BAPTISTA, A.P.M. et al. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.39, n.4, p.955-961, jul, 2009. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v. 50, n. 3, p. 263-272,

BONZINI, S.; TREMOLADA, P.; BERNARDINELLI I.; COLOMBO M; VIGHI M. Predicting pesticide fate in the hive (part 1):experimentally determined τ -fluvalinate residues in bees, honey and wax. **Apidologie**, 42:378–390. 2011.

BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. 2010. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**. 41, 278–294.

BUDGE, G.E.; GARTHWAITE, D.; CROWE, A.; BOATMAN, N.D.; DELAPLANE, K.S.; BROWN, M.A.; THYGESEN, H.H.; PIETRAVALLE, S. Evidence for pollinator cost and farming benefits of neonicotinoid seed coatings on oilseed rape. **Scientific Reports**, v.5, Article number 12574, 2015.

CASTILHOS, D.; BERGAMO, G. C.; GRAMACHO, K. P. & GONÇALVES, L. S. COLIN, M. E.; BELZUNCES, L. P. Evidence of synergy between Prochloraz and Deltamethrin in *Apis mellifera* L.: a conveniente biological approach. **Pesticide Science**, v.36, p.115-119, 1992. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/117935712/group/home/home.html>>. Doi: 10.1002/ ps.2780360206.

CHARLTON, A.J.A.; JONES, A. 2007. Determination of imidazole and triazole fungicide residues in honeybees using gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography**, 1141, 117–122.

COLIN, M. E.; BONMATIN, J. M.; MOINEAU, I.; GAIMON, C.; BRUN, S. VERMANDERE, J.P. A method to quantify and analyze the foraging activity of honey bees: relevance to the sublethal effects induced by systemic insecticides. **Arch. Environ. Contam. Toxicol**, v. 47, 387-395, 2004.

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.; DEVILLERS, J.; CLUZEAU, S.; CHARRENTON, M.; PHAM-DELÈGUE, M.-H. 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.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Annu. Rev. Entomol.** 52, 81–106, 2007.

DIVELY, G.P.; EMBREY, M.S.; KAMEL, A.; HAWTHORNE, D.J.; PETTIS, J.S. Assessment of chronic sublethal effects of imidacloprid on honey bee colony health. **PLoS ONE**, v.10, e0118748, 2015.

FAO. **Protección a los polinizadores**. 2005. Disponível em: <https://www.fao.org/ag/portal/index_es.html>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FLETCHER, M.; BARNETT, L. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. **Bulletin of Insectology**, v. 56, p. 141-145, 2003.

FREE, B. M. Insect pollination of crops. Londres: **Academic Press**, 684p, 1993.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M.; KLEINERT, A. M. P.; GALLETO, L.; NATES-PARRA, G.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.

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, p. 282-298, 2010.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KREMEN, C.; MORALES, J. M.; BOM-MARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; CARVALHEIRO, L. G.; CHACOFF, N. P.; DUDE-NHÖFFER, J. H.; GREENLEAF, S. S.; HOLZSCHUH, A.; ISAACS, R.; KREWENKA, K.; MANDELIK, Y.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; POTTS, S. G.; RICKETTS, T. H.; SZENTGYÖRGYI, H.; VIANA, B. F.; WESTPHAL, C.; WINFREE, R.; KLEIN, A. M. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v.14, p.1062-1072, 2011.

GIANNINI, T. C. et al. 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.

GISI, U.; SIEROTZKI, H. 2008. Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. **Eur J Plant Pathol**, 122, 157–167.

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**, 29, 97-107 (2020). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10646-019-02145-8>>. Acesso em: 24 de mar. 2022.

GOULSON, D. Neonicotinoids impact bumblebee colony fitness in the field: a re-analysis of the UK's Food & Environment Research Agency 2012 experiment. *Peer J*, v.3, e854, 2015.

HERBERT, L.T.; VÁZQUEZ, D.E.; ARENAS, A.; FARINA, W.M. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. **Journal of Experimental Biology**, v.217, p.3457-3464, 2014.

JAY, S.C. Spatial management of honeybees on crops. **Annual Reviews of Entomology**, v.31, p. 49-65, 1986.

KHALILI-ZANJANI, M. R.; YAMINI, Y.; YAZDANFAR, N.; SHARIATI, S. Extraction and determination of organophosphorus pesticides in water samples by a new liquid phase microextraction-gas chromatography-flame photometric detection. **Analytica Chimica Acta**, v. 606, n. 2, p. 202-208, 2008.

KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. A. **Polinização Agrícola por Insetos no Brasil**. Maranguape, Unifreiburg. 2020.

MALASPINA, O. **Estudo genético da resistência ao DDT e relação com outros caracteres em *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)**. Rio Claro, 1979. 81p. Dissertação – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-Rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. 4, p. 237-242, 2003.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes Polinizadores e Produção de Grãos em Cultura de Café Arábica cv. "Catuaí Vermelho". **Científica**, Jaboticabal, SP, v.40, n.1, p.1– 11, 2012.

MEDRZYCHI, P.; MONTANARI, R.; BORTOLOTTI, L.; SABATINI, A.G.; MAINI, S.; PORRINI, C. Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory test. **Bulletin of Insectology**, v.56, n. 1, p. 59-62, 2003.

MULLIN, C.A.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.L.; ASHCRAFT, S.; SIMONDS, R.; ENGELSDORP, D.V.; PETTIS, J.S. 2010. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLoS ONE*. 5: e9754 19p.

NEPI, M. & PACCINI, E. (1993) Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. **Annals of Botany**, 72: 527-536.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. do R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, Q.; PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

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 and Evolution**, v.25, p.345-353, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. 2011. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em 24 mar. 2022.

RIBEIRO, N. A. A; BARBARA, G; DE MARCO F., DAGMAR A. as dificuldades da polinização na agricultura através da espécie de abelha europeia *Apis mellifera*. **Anais do fórum de iniciação científica do UNIFUNEC**, v. 8, n. 8, 2017.

RICE, P. J.; ARTHUR, E. L.; BAREFOOT, A. C. Advances in pesticide environmental fate and exposure assessments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 14, p. 5367-5373, 2007.

RIEDL, H. et al. **How to reduce bee poisoning from pesticides**. Oregon: A Pacific Northwest Extension, 2006. 28p. (PNW 591).

RISSATO, S. R.; GALHIANE, M. S.; KNOLL, F. R. N.; ANDRADE, R. M. B.; ALMEIDA, M. V. Método multirresíduo para monitoramento de contaminação ambiental de pesticidas na região de Bauru (SP) usando mel como bio-indicador. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 950-955, 2006.

SCHNEIDER, C.W.; TAUTZ, J.; GRÜNEWALD, B.; FUCHS, S. RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. **PloS One**, v.7, e30023, 2012.

SOUSA, R. M. Polinização, manejo de colmeias e requerimentos do meloeiro. In: BRAGASOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TE-RAO, 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.

VanENGELSDORP, D.; UNDERWOOD, R.; CARON, D.; HAYES JR, J. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006– 2007: a report commissioned by the Apiary Inspectors of America. **American Bee Journal**, v.147, p.599-603, 2007.

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.

vanENGELSDORP, D.; HAYES JR., J.; UNDERWOOD, R.M.; CARON, D.; PETTIS, J. A survey of managed honey bee colony losses in the USA, fall 2009 to winter 2010. **Journal of Apicultural Research**, v.50, p.1-10, 2011.

WHITEHORN, P.R.; O'CONNOR, S.; WACKERS, F.L.; GOULSON, D. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, v.336, p.351-352, 2012.

YODER, J.A.; JAJACK, A.J.; ROSSELOT, A.E.; SMITH, T.J.; YERKE, M.C.; SAMMATARO, D. 2013. Fungicide contamination reduces beneficial fungi in bee bread based on an area-wide field study in honey bee, *Apis mellifera*, colonies. *J Toxicol Environ Health*. 76, 587–600