



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

TOXICIDADE RESIDUAL E ORAL DE PIMETROZINA SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

DAIANE MIRIAN TOMAZ DA SILVA

**POMBAL-PB
FEVEREIRO, 2023**

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

DAIANE MIRIAN TOMAZ DA SILVA

TOXICIDADE RESIDUAL E ORAL DE PIMETROZINA SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. EWERTON MARINHO DA COSTA.

**POMBAL-PB
FEVEREIRO, 2023**

S586t Silva, Daiane Mirian Tomaz da.
Toxicidade residual e oral de Pimetrozina sobre *Apis mellifera*
(Hymenoptera; Apidae) em condições de laboratório / Daiane Mirian
Tomaz da Silva. – Pombal, 2023.
26 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 de inseticida. 2. Polinização. 3. Perda de colônias. 4.
Mortalidade de abelhas. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 632.95.024 (043)

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

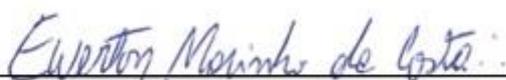
TOXICIDADE RESIDUAL E ORAL DE PIMETROZINA SOBRE *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

DAIANE MIRIAN TOMAZ DA SILVA

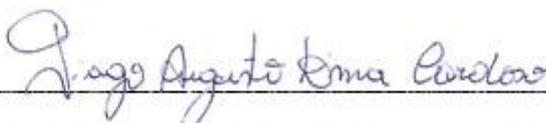
Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias
(UAGRA) – CCTA/UFCG, curso de Agronomia,
como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: **03/02/2023**

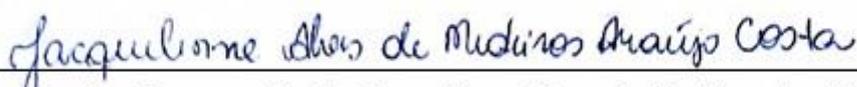
BANCA EXAMINADORA



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

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder coragem, força e saúde, para que pudesse chegar até aqui e consegui realizar esse sonho, apesar das dificuldades enfrentadas ao longo do caminho.

Aos meus pais Cicero Tomaz da Silva e Maria Erineide da Silva por todo cuidado, amor, apoio e educação.

A meu esposo Patrick Lima do Nascimento, por todo amor, carinho, por estar sempre ao meu lado me dando apoio, em todos os momentos bons e ruins e pelos conselhos.

À minha irmã Danubia Tomaz da Silva, por todo carinho e estar sempre me apoiando.

Aos meus sogros Francisco Patricio de Lima e Edelite Ferreira do Nascimento Lima, por todo amor, carinho, e também pelo apoio de vocês que foram essenciais em minha trajetória.

À minha cunhada Erika Lima, por estar sempre ao meu lado.

Aos meus avós paternos, Luiz Tomaz da Silva (*in memoriam*) e Raimunda Barboza da Silva por todo amor e carinho. E a minha avó materna, Alaide Félix da Silva por ter contribuído com minha educação.

À minha amiga Alesia Alves de Sousa, pela paciência, conselhos, amor e carinho, e por estar sempre comigo em todos os momentos ao longo dessa trajetória, obrigada por tudo.

À Eliana Ferreira e Gilberto Gomes, pelo apoio durante minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa, por todos os ensinamentos e pela orientação.

Ao grupo do GEENTO, em especial aos colegas, Everaldo, Letícia, Maressa, João Vitor, Rafael, Polyana, Victor Hugo, Alexandre, Ismar e ao técnico de laboratório Tiago, pelo suporte na condução do experimento.

À instituição de ensino UFCG, em especial ao CCTA e todo corpo docente que contribuiu com todo conhecimento para minha formação.

A todos que de alguma forma estiveram comigo e me ajudaram a alcançar o meu sonho.

OBRIGADA!

TOXICIDADE RESIDUAL E ORAL DE PIMETROZINA SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

RESUMO:

Atualmente tem ocorrido o declínio das espécies de abelhas em áreas agrícolas, principalmente, pelo uso intensivo de pesticidas nas lavouras. Diante disso, esse presente trabalho teve por objetivo avaliar a toxicidade do inseticida Pimetrozina sobre *A. mellifera*, por meio do contato residual e oral em condições de laboratório. O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia 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. Foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes das colmeias pertencentes ao apiário do CCTA/UFCG. Após a aplicação dos tratamentos foi avaliada a mortalidade e o comportamento das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 e 24 horas após o início da exposição. Os resultados dos tratamentos com Pimetrozina nos dois modos de exposição avaliados, independentemente da dose, mostraram que foram pouco tóxicos quando comparado a testemunha positiva, Tiametoxam. Para o modo de exposição com resíduos dos produtos nas folhas de meloeiro, foi constatada mortalidade de 20,8% na dose mínima e 23,9% na dose máxima do inseticida. Já após o contato via ingestão de alimento contaminado, Pimetrozina ocasionou a morte de 8,2% e 9,1% das abelhas na menor e maior dose, respectivamente. No entanto, o modo de exposição residual foi mais nocivo as abelhas operárias adultas de *A. mellifera*, na dose máxima. Conclui-se que, no modo de exposição de alimento contaminado, independente da dose, foi pouco tóxico as abelhas *A. mellifera*. Em relação ao contato residual o tratamento com Pimetrozina foi moderadamente tóxico, na dose máxima, comparado com a dieta contaminada.

Palavras chaves: Polinização, Perda de colônias, Mortalidade, Toxicidade.

**RESIDUAL AND ORAL TOXICITY OF PIMETROZINE ON *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE) UNDES LABORATORY CONDITIONS.**

ABSTRACT:

Currently, there has been a decline in bee species in agricultural areas, mainly due to the intensive use of pesticides in crops. Therefore, this present study aimed to evaluate the toxicity of the insecticide Pymetrozine on *A. mellifera*, through residual and oral contact under laboratory conditions. The work was carried out at the Entomology Laboratory of the Academic Unit of Agricultural Sciences (UAGRA), belonging to the Center for Agro-Food Sciences and Technology (CCTA) of the Federal University of Campina Grande (UFCG), Pombal - PB. Adult *A. mellifera* workers from hives belonging to the CCTA/UFCG apiary were used. After the application of the treatments, the mortality and behavior of the bees were evaluated at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 and 24 hours after the beginning of the exposure. The results of treatments with Pymetrozine in the two modes of exposure evaluated, regardless of the dose, showed that they were less toxic when compared to the positive control, Thiamethoxam. For the mode of exposure with product residues on melon leaves, mortality of 20.8% was found at the minimum dose and 23.9% at the maximum dose of the insecticide. After contact via ingestion of contaminated food, Pymetrozine caused the death of 8.2% and 9.1% of the bees at the lowest and highest dose, respectively. However, the residual exposure mode was more harmful to adult worker bees of *A. mellifera*, at the maximum dose. It is concluded that, in the mode of exposure of contaminated food, regardless of the dose, it was little toxic to *A. mellifera* bees. Regarding the residual contact, the treatment with Pymetrozine was moderately toxic, at the maximum dose, compared with the contaminated diet.

Keywords: Pollination, Loss of colonies, Mortality, Toxicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção de mudas. A- mudas produzidas em bandejas multicelulares; B- plantas com o número mínimo de 6 folhas definitivas. Fonte: Autoria Própria.	8
Figura 2: Simulação de pulverização em campo. Fonte: Autoria própria.....	9
Figura 3: Montagem das arenas. A- Arenas confeccionadas; B- Abelhas liberadas nas arenas. Fonte: Autoria própria.	9
Figura 4: Preparação das arenas. A- Pasta Cândi; B- Arenas já com as abelhas em seu interior. Fonte: Autoria própria.	10
Figura 5: Torre de voo medindo 115 cm de altura com uma lâmpada no topo para atrair as abelhas. Fonte: Autoria própria.....	11
Figura 6. Mortalidade (%) de abelhas <i>Apis mellifera</i> após exposição residual aos inseticidas, Pombal, 2022.....	13
Figura 7. Mortalidade (%) de abelhas <i>Apis mellifera</i> após exposição do alimento contaminado aos inseticidas, Pombal, 2022.	14
Figura 8. Probabilidade de sobrevivência de abelhas <i>A. mellifera</i> após o contato residual do inseticida Pimetrozina, Pombal, 2022.	15
Figura 9. Probabilidade de sobrevivência de abelhas <i>A. mellifera</i> após o contato com alimento contaminado com o inseticida Pimetrozina, Pombal, 2022.	15
Figura 10. Porcentagem de abelhas <i>A. mellifera</i> que voaram e não voaram após exposição ao alimento contaminado do inseticida, Pombal, 2022.	16
Figura 11. Porcentagem de abelhas <i>A. mellifera</i> que voaram e não voaram após exposição residual do inseticida, Pombal, 2022.....	17
Figura 12. Classes de altura (cm) e doses de Pimetrozina (g i.a./L) sobre <i>A. mellifera</i> após o contato com o alimento contaminado e contato residual, Pombal, 2022.	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Importância da abelha <i>Apis mellifera</i> na polinização de cucurbitáceas.	3
2.2 Desaparecimento de abelhas <i>A. mellifera</i> em áreas agrícolas	4
2.3 Toxicidade de inseticidas sobre <i>A. mellifera</i>	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	7
3.1 Bioensaio 1: Efeito residual de Pimetrozina sobre <i>Apis mellifera</i>	8
3.2 Bioensaio 2: Efeito da ingestão de alimento contaminado por Pimetrozina sobre <i>Apis mellifera</i>	9
3.4 Análise dos dados.....	11
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSSÕES	19
6. CONCLUSÃO	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1. INTRODUÇÃO

As abelhas são de grande importância em áreas agrícolas, pois ao realizarem a polinização viabilizam a produção de frutos. A abelha *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) é considerada a principal espécie polinizadora de culturas agrícolas no mundo (WHITFIELD et al., 2006), visto que, ela é uma espécie mais generalista, ou seja, usa de uma grande diversidade de flores para obter seu alimento (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010), o que resulta em valores importantes para a economia mundial. Potts et al. (2010), descreveram a polinização promovida por abelhas como um importante insumo agrícola.

Apesar de todos os benefícios da polinização realizada pelas abelhas, essa atividade está sendo ameaçada pela perda de colônias em todo o mundo. Castilhos et al. (2019), avaliando a perda de colônias de abelhas no Brasil, apontaram que este é um problema de grande escala que afeta a apicultura e sistemas agrícolas. Ainda segundo os autores, nos últimos anos foram registradas perdas severas de colônias de *A. mellifera* em todo o mundo, sendo causadas principalmente pelo uso intensivo de inseticidas, bem como também pela destruição de habitat, incidência de patógenos e ataque de parasitas.

Em campo, as abelhas podem ser expostas aos pesticidas de maneira direta, por meio do contato com gotículas de pulverização, ingestão de alimento contaminado e contato com resíduos dos produtos na superfície das plantas (SILVA et al., 2015; HEARD et al., 2017; CHAM et al., 2019). Isso pode causar mortalidade e diversos distúrbios fisiológicos e comportamentais às abelhas, como por exemplo, tremores, paralisia, redução da capacidade de voo, redução no aprendizado, perda de memória, entre outros, afetando suas atividades motoras (WU-SMART; SPIVAK, 2016).

Diante disso, procura-se por meio de estudos avaliar a toxicidade de inseticidas sobre abelhas visando a preservação e conservação dos polinizadores nas áreas agrícolas. Diversas culturas que dependem da polinização exercida por *A. mellifera*, como por exemplo, melancia (*Citrullus lanatus*), melão (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativus*), entre outras, necessitam da aplicação de inseticidas para o controle de algumas pragas-alvo, como por exemplo, a mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B) e o pulgão (*Aphis gossypii*) (AGROFIT, 2022). Dentre os inseticidas utilizados nas culturas citadas acima, Pimetrozina, produto sistêmico pertencente ao

grupo químico Piridina azometina, vem sendo considerado, de maneira geral, como um produto potencialmente bom para programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) devido sua seletividade e eficiência (SECHSER et al. 2002). Jansen et al. (2011), demonstraram a seletividade da Pimetrozina contra seus alvos com menor mortalidade de alguns artrópodes benéficos, como por exemplo, joaninhas, vespas parasitas, moscas-das-flores e outros.

Mohamed et al. (2015), avaliando a toxicidade e alterações bioquímicas da abelha *A. mellifera* exposta a quatro inseticidas em condições laboratoriais, mostraram para a aplicação direta, que a Pimetrozina apresentou uma toxicidade relativa de média a baixa para as abelhas, proporcionando uma Dose Letal Mediana (DL_{50})= 0,16 μ g/abelha, após 24 h de exposição. Os mesmos autores constataram que para o modo de exposição oral, o inseticida Pimetrozina foi pouco tóxico para as abelhas, ocasionando uma mortalidade de 25%, na dose recomendada de 250 mg/L após 24 h de exposição.

Contudo, ainda são poucos os estudos sobre a toxicidade de Pimetrozina sobre *A. mellifera*, especialmente para as doses registradas no Brasil. Portanto, objetivou-se avaliar a toxicidade do inseticida Pimetrozina sobre *A. mellifera*, por meio do contato residual e oral com o inseticida, em condições de laboratório.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTÂNCIA DA ABELHA *Apis mellifera* NA POLINIZAÇÃO DE CUCURBITÁCEAS.

A utilização de *A. mellifera* nas lavouras tem se tornado cada vez mais comum, devido seu fácil manejo, tamanho das colônias, como também pela sua eficiência e rapidez no processo de polinização em relação aos demais polinizadores, sendo primordial para obtenção de frutos e sementes (PIRES et al. 2016).

De acordo com Klein et al. (2007), 70% das 124 culturas utilizadas para consumo humano no mundo são dependentes de insetos polinizadores. Nas cucurbitáceas, como o meloeiro (*Cucumis melo L.*) e a melancia (*Citrullus lanatus L.*) que são exploradas em extensas áreas na região nordeste do Brasil, a produção de frutos é dependente da visitação de agentes polinizadores para sua fecundação, principalmente, as abelhas melíferas (*A. mellifera*) que são os insetos sociais mais usados para os serviços de polinização (SOUSA et al., 2009).

Para cultura do meloeiro, a presença da abelha *A. mellifera* nos campos aumenta a produção e a qualidade dos frutos, garantindo altos níveis de produtividade (SOUSA et al. 2009). Da mesma maneira, a melancia necessita de polinização cruzada, e a presença de polinizadores na área de cultivo durante o florescimento é imprescindível para que haja a fecundação dos óvulos e formação dos frutos (COSTA; LEITE, 2007).

A eficiência de polinização por *A. mellifera*, com relação ao peso dos frutos, foi observada na Bélgica, onde foi comparada a produtividade de melão cultivado em casa de vegetação, com e sem abelhas melíferas. Os resultados mostraram que a presença das abelhas aumentou o peso médio dos frutos (CRUZ; CAMPOS, 2009).

Levando em conta a diminuição da população de abelhas, em virtude de desmatamentos e outras atividades antrópicas, como por exemplo, a prática da agricultura intensiva, há uma crescente demanda pela introdução dirigida desses insetos em cultivos agrícolas (COUTO; COUTO, 2006; PAOLETTI, 2012). A produtividade do meloeiro está relacionada com um manejo altamente tecnificado, incluindo a utilização de colmeias nas áreas, para a sua efetiva polinização (SIQUEIRA et al., 2011). Sousa et al. (2014) concluíram que quando a introdução de

colônias de *A. mellifera* ocorre no início do florescimento há uma influência positiva no aumento da produtividade e tamanho dos frutos. Quando as colmeias são introduzidas em fases mais avançadas do florescimento ocorre produção de frutos menores, localizados nos ramos secundários das plantas.

2.2. DESAPARECIMENTO DE ABELHAS *A. mellifera* EM ÁREAS AGRÍCOLAS

Atualmente o declínio das espécies de abelhas em áreas agrícolas tem múltiplas causas, como por exemplo, destruição de habitats, incidência de patógenos e ataque de parasitas e, principalmente, uso intensivo de pesticidas nas lavouras (DECOURTYE et al 2010; KLUSER et al 2010; MAINI et al 2010; NEUMANN E CARRECK 2010), sendo esta a principal causa de perdas de colônias no Brasil (SILVA et al., 2015; CERQUEIRA E FIGUEIREDO 2017; CASTILHOS et al., 2019).

O “Colony Collapse Disorder” ou Distúrbio do Colapso das Colônias (CCD), é apontado como sendo o causador desse grave desaparecimento das colônias de *A. mellifera*, pois ele causa a perda rápida de abelhas operárias adultas, o enfraquecimento ou morte da colônia com excesso de crias em relação a população de abelhas adultas e a falta de abelhas operárias dentro e ao redor das colmeias afetadas (VANENGELSDORP et al., 2009). Castilhos et al, (2019), em estudos sobre a perda de colônias de abelhas no Brasil, apontaram que os meses mais afetados pela perda das colônias foram janeiro, março, junho, agosto, novembro e dezembro, cada um com perdas maiores ou iguais a 9%, e que dos 322 laudos avaliados, 81,2% relataram os pesticidas como causa suspeita de perdas de abelhas.

O uso indiscriminado e irracional de produtos fitossanitários está submetendo os polinizadores a situações de estresses severos, que podem gerar prejuízos econômicos, fato evidenciado por essas constates quedas da densidade de abelhas nos arredores dos campos agrícolas em várias partes do mundo (NOCELLI et al., 2012)

À longo prazo, a diminuição das abelhas poderá acarretar uma série de consequências tanto para a humanidade quanto para a natureza, causando prejuízos à nossa alimentação, já que as frutas e os produtos agrícolas irão reduzir rapidamente, tendo em vista que as abelhas são bastante importantes para a

polinização de diversas culturas. Sendo assim, o desaparecimento das abelhas ameaçaria a segurança alimentar mundial (CORBY-HARRIS et al., 2016; CAIRES; BARCELOS, 2017)

2.3. TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE *A. mellifera*

A ocupação dos campos de cultivo por uma única espécie vegetal favorece o aparecimento de pragas e doenças, o que torna a agricultura moderna cada vez mais dependente do controle químico (COUTINHO et al., 2005). Como este controle ainda é o método mais adotado para o controle dos insetos praga, a baixa eficiência de controle tem acarretado em um aumento de frequência de pulverizações e de dose dos inseticidas (CHAGAS et al., 2019).

Dentre os problemas proporcionados pelo uso abusivo de inseticidas nas lavouras, destaca-se a mortalidade de agentes benéficos aos cultivos, como por exemplo as abelhas. Nesse cenário, são fundamentais os trabalhos visando avaliar a toxicidade de inseticidas sobre abelhas para garantir o manejo sustentável desses polinizadores em campo (FREITAS et al., 2010).

Diversos inseticidas já foram registrados como nocivos a *A. mellifera*, inclusive aplicados no manejo de pragas em cucurbitáceas. Gomes et al. (2020) afirmaram que as duas concentrações testadas do inseticida Imidacloprido foram altamente tóxicas para *A. mellifera* por meio de testes de ingestão, relatando que durante o experimento, as abelhas expostas apresentaram alguns sintomas como hiperatividade, seguido de tremores e paralisia. Costa et al. (2014), avaliaram a toxicidade de nove inseticidas, Abamectina, Acetamiprido, Cloridrato de Cartape, Clofenapir, Ciromazina, Deltametrina, Tiametoxam, Flufenoxurom e Piriproxifem, sobre *A. mellifera*, e observaram que os resíduos de Abamectina, Tiametoxam e Clofenapir nas folhas de meloeiro foram extremamente tóxicos a *A. mellifera*. Araujo et al. (2017), avaliaram os inseticidas neonicotinoides Tiametoxam, Acetamiprido e Imidacloprido, e observaram que tanto por meio de pulverização direta quanto por ingestão de dieta contaminada todos os inseticidas foram tóxicos a *A. mellifera*.

Em relação ao inseticida Pimetrozina não há trabalhos avaliando a dose registrada para uso no controle de pragas em cucurbitáceas no Brasil. O inseticida Pimetrozina é um modulador do Canal Receptor de Potencial Transitório Vanilóide (TRPV) de órgãos cordonotais, que atua paralisando a glândula salivar (ABBADE NETO, 2017), bloqueando a sucção de alimento, agindo principalmente em insetos

sugadores (SECHSER et al., 2002). No entanto, os insetos mastigadores também apresentam sensibilidade a este composto, o qual promove alterações histológicas no intestino dos insetos (MAGLIANO et al., 2015).

Pesquisadores têm relatado baixa toxicidade de Pimetrozina sobre agentes benéficos às culturas. Os inseticidas Pimetrozina, Clorantraniliprole, Ciantraniliprole e Piriproxifem são inseticidas que apresentam baixo efeito negativo para uma gama de inimigos naturais (TORRES et al. 2003, NARANJO et al. 2004, BARROS et al. 2018, MACHADO et al. 2019). Sobre abelhas, apesar de poucos trabalhos, alguns resultados apontam que o inseticida Pimetrozina é pouco tóxico. Mohamed et al. (2015), avaliando a toxicidade e alterações bioquímicas da abelha *A. mellifera* exposta aos inseticidas Dinotefurano, Acetamiprido, Pimetrozina e Piridalil em condições laboratoriais, observou o efeito *in vivo* desses inseticidas na atividade da glutathione S-transferase (GST) isolados do abdômen de abelhas sobreviventes (*A. mellifera*) após 24 horas via exposição oral e constatou que a maioria dos tratamentos com Pimetrozina e Piridalil causou um aumento significativo ($P < 0,05$) na atividade da GST para as doses (0,01, 0,02 e 0,03 mg/L) de Pimetrozina, entretanto, uma inibição foi encontrada para a dose 0,1- de aplicação de campo. Esta enzima é utilizada como biomarcador pois ela é uma enzima de detoxificação

Os resultados do efeito *in vivo* do Acetamiprido, Dinotefurano, Pimetrozina e Piridalil sobre a enzima Polifenoloxidase (PPO) isolado da cabeça e tórax das abelhas sobreviventes (*A. mellifera*) após 24 horas de exposição a diferentes taxas de aplicações no campo, mostraram que as doses utilizadas (0,01, 0,02, 0,04, e 0,1 mg/L) abaixo das taxas recomendadas para aplicação em campo de Acetamidrido, Pimetrozina e Piridalil induziu uma ativação ou estimulação da enzima em comparação com as abelhas não tratadas. Contudo, os pesquisadores afirmaram que a Pimetrozina é pouco tóxico para a abelha *A. mellifera*, e pode ser aplicado com segurança nas culturas durante os períodos de floração que apresentar baixa ou nenhuma atividade das abelhas melíferas (MOHAMED et al., 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal – PB.

Para realização do trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes de colônias pertencentes ao apiário da UAGRA/CCTA/UFCG. O inseticida avaliado foi o Pimetrozina (CHESS®), nas doses mínima e máxima registradas para o controle de pragas em cucurbitáceas (Tabela 1). Como testemunha absoluta foi utilizada água destilada e como testemunha positiva o inseticida Tiametoxam (0,30 g i.a/L).

Tabela 1. Inseticidas e respectivas dosagens (mínima e máxima) avaliadas com relação à toxicidade residual e oral sobre *Apis mellifera*, Pombal-PB, 2022.

INGREDIENTE ATIVO	GRUPO QUÍMICO	DOSE UTILIZADA	PRAGAS ALVO
PIMETROZINA	PIRIDINA AZOMETINA	200 g PC/ha (0,2 g i.a/L)	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Aphis gossypii</i>
PIMETROZINA	PIRIDINA AZOMETINA	400 g PC/ha (0,4 g i.a/L)	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Aphis gossypii</i>

Para avaliar a toxicidade do referido inseticida foram realizados dois experimentos, correspondentes aos modos de exposição residual e ingestão de dieta contaminada. Os dois bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado composto por 4 tratamentos [Testemunha absoluta – água destilada; Testemunha positiva - Actara® (Tiametoxam); e o Inseticida Chess® (Pimetrozina) na dose mínima (0,2 g i.a/L) e máxima (0,4 g i.a/L) registradas para o controle de pragas em cucurbitáceas] e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

3.1. BIOENSAIO 1: EFEITO RESIDUAL DE PIMETROZINA SOBRE *Apis mellifera*

Foram produzidas plantas de meloeiro amarelo, cultivar Iracema (SAKATA®) (uma das principais cultivares que são semeadas na região), em casa de vegetação do CCTA/UAGRA/UFCG. Primeiramente as sementes foram semeadas em bandejas multicelulares para a produção das mudas e após 15 dias foram transplantadas e mantidas em vasos (com capacidade de 1 kg) contendo como substrato, na proporção de 2:1, solo + matéria orgânica (esterco bovino curtido), sendo irrigadas duas vezes ao dia. Quando as plantas atingiram o número mínimo de seis folhas definitivas, foram selecionadas 10 plantas para cada tratamento (Figura 1).



Figura 1: Produção de mudas. A- Mudas produzidas em bandejas multicelulares; B- Plantas com o número mínimo de 6 folhas definitivas. **Fonte:** Autoria Própria.

As plantas selecionadas foram pulverizadas com os respectivos tratamentos, com auxílio de um pulverizador manual, simulando uma aplicação dos produtos em campo, seguindo a metodologia proposta por Costa et. al., (2014) (Figura 2). Em seguida, para a devida secagem dos produtos pulverizados, as plantas foram transferidas para um local arejado e à sombra, onde permaneceram durante 1 h. Após a secagem foi realizado o corte das folhas, na altura do pecíolo, e em seguida colocadas em arenas (recipientes plásticos com 15 cm de diâmetro X 15 cm de altura e extremidade parcialmente coberta com tela antiáfideo para possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente) juntamente com um chumaço de algodão embebido em água destilada. Após esse procedimento foram liberadas no interior das arenas as operárias adultas de *A. mellifera* para o contato com os resíduos dos produtos (Figura 3).



Figura 2: Simulação de pulverização em campo. **Fonte:** Autoria própria.

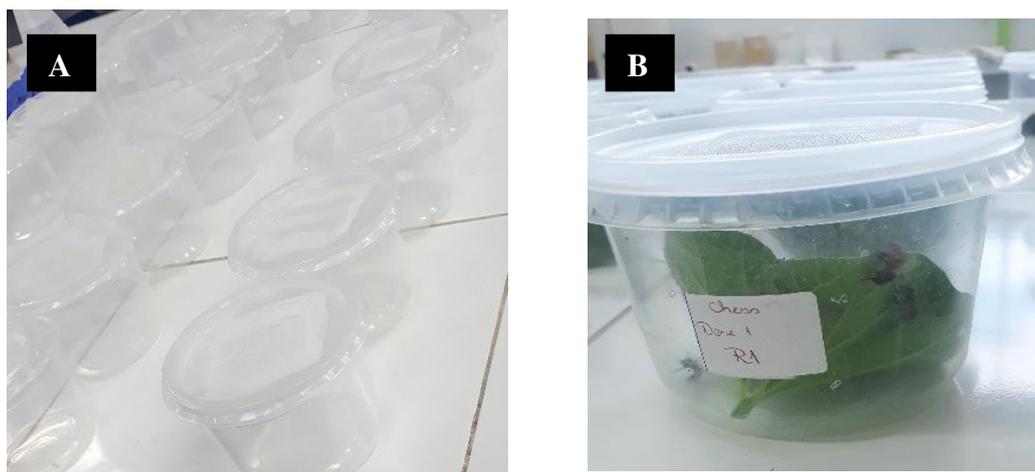


Figura 3: Montagem das arenas. A- Arenas confeccionadas; B- Abelhas liberadas nas arenas. **Fonte:** Autoria própria.

Após a aplicação dos tratamentos foi avaliada a mortalidade e o comportamento das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 e 24 horas após o início da exposição aos resíduos do inseticida.

3.2. BIOENSAIO 2: EFEITO DA INGESTÃO DE ALIMENTO CONTAMINADO POR PIMETROZINA SOBRE *Apis mellifera*

Inicialmente foi produzida a dieta artificial a base de mel e açúcar refinado (Pasta cãndi). Após o preparo, o inseticida foi pulverizado sobre a dieta, simulando uma situação em campo. As abelhas foram distribuídas nas arenas e logo em

seguida, fornecido o alimento contaminado juntamente com um algodão umedecido com água destilada (Figura 4). Depois disso, observou-se constantemente as abelhas para que fosse confirmada a ingestão do alimento. Após a confirmação da alimentação, foram avaliadas a mortalidade e o comportamento das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 e 24 horas após o início da exposição, seguindo a metodologia proposta por Costa et. al., (2014).



Figura 4: Preparação das arenas. A- Pasta Candi; B- Arenas já com as abelhas em seu interior. **Fonte:** Autoria própria.

3.3. BIOENSAIO 3: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA PIMETROZINA

A capacidade de voo foi avaliada para todas as abelhas que sobreviveram após as 24 horas de exposição aos resíduos e ao alimento contaminado do

inseticida Pimetrozina. Para a avaliação utilizou-se a torre de voo seguindo a metodologia proposta por Gomes et al. (2020), onde cada abelha foi colocada na base da torre (altura 0 cm), proporcionando um tempo de 1 minuto para a avaliação do voo, para que fosse determinada a altura final atingida pelas abelhas. A torre de voo apresenta 5 níveis de altura, respectivamente, nível 0 (base da torre), nível 1 (de 1 a 30 cm de altura), nível 2 (de 31 a 60 cm de altura), nível 3 (de 61 a 90 cm de altura) e nível 4 (de 91 a 115 cm de altura, onde se encontra a lâmpada). A lâmpada instalada no topo da torre é a única fonte de luz no ambiente, pois ela tem o objetivo de atrair as abelhas por meio do fototropismo positivo, ou seja, o voo é estimulado em direção à luz (Figura 5).



Figura 5: Torre de voo medindo 115 cm de altura com uma lâmpada no topo para atrair as abelhas. **Fonte:** Autoria própria.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

As porcentagens de mortalidade foram calculadas para cada tratamento e corrigidas usando a equação de Abbott (1925), para reduzir as chances de contabilizar abelhas mortas por fatores não ligados ao contato com o inseticida, sendo em seguida aplicado uma Análise de Variância com Permutação (PERMANOVAS), 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.

Os dados de sobrevivência dos adultos foram analisados ao longo do tempo utilizando-se os dados à distribuição de Weibull através do pacote *Survival* (THERNEAU; LUMLEY, 2010) no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020) e submetidos à análise de distribuição de Weibull. Tratamentos com efeitos similares (toxicidade e velocidade de mortalidade) foram agrupados por meio de contrastes. O tempo letal mediano (TL50) também foi calculado 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

Foi observada diferença significativa entre as doses de Pimetrozina e as testemunhas absoluta e positiva, independente do modo de exposição avaliado. Para o modo de exposição com resíduos dos produtos nas folhas de meloeiro, foi constatada mortalidade de 20,8% na dose mínima e 23,9% na dose máxima do inseticida (Figura 6). Já após o contato via ingestão de alimento contaminado, Pimetrozina ocasionou a morte de 8,2% e 9,1% das abelhas na menor e maior dose, respectivamente (Figura 7). Em ambos os modos de exposição, o inseticida Pimetrozina ocasionou baixa mortalidade quando comparado a testemunha positiva, que matou 100% das abelhas ao final do período de avaliação

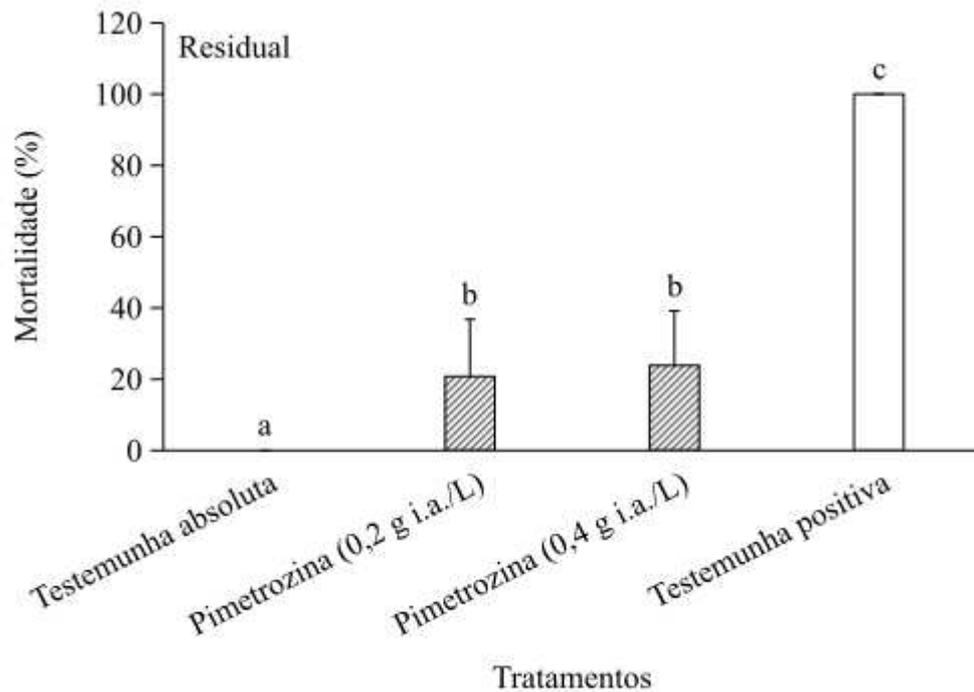


Figura 6. Mortalidade (%) de abelhas *Apis mellifera* após exposição residual aos inseticidas, Pombal, 2022.

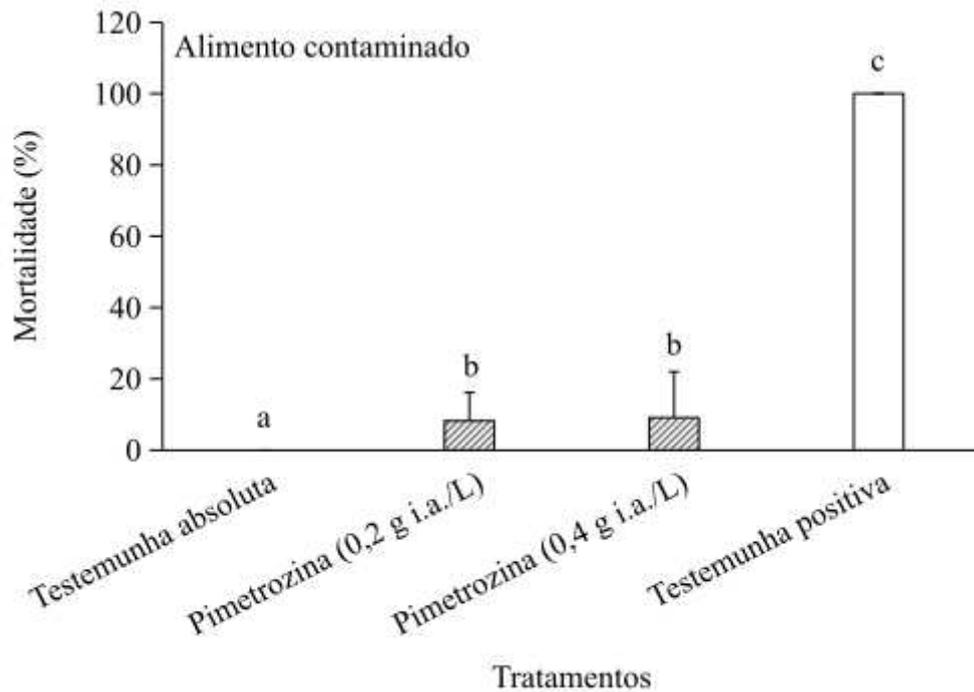


Figura 7. Mortalidade (%) de abelhas *Apis mellifera* após exposição do alimento contaminado aos inseticidas, Pombal, 2022.

Em relação ao comportamento, para o modo de exposição residual, foi observado que as abelhas raspavam as folhas de meloeiro e apresentaram agitação e aglomeração no topo das arenas e sobre as folhas nas primeiras horas, além disso, começaram a apresentar paralisia após 3 horas de exposição. No modo de exposição via ingestão de alimento contaminado, as abelhas também apresentaram agitação, aglomeração no topo das arenas e só apresentaram paralisia após 6 horas de exposição. No entanto, as abelhas do tratamento testemunha absoluta não apresentaram nenhuma alteração de comportamento.

De acordo com a análise de sobrevivência, independente do modo de exposição, os Tempos Letais medianos (TL_{50}) proporcionados por Pimetrozina foram muito superiores ao observado na testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, o que indica uma menor velocidade de mortalidade proporcionada pelo inseticida avaliado. Para o contato residual foi observado um TL_{50} de 93,3 horas, independentemente da dose, enquanto que para ingestão de dieta contaminada, independentemente da dose analisada, verificou-se um TL_{50} de 229,4 horas. Já para Tiametoxam, o TL_{50} foi de 2,2 horas para o alimento contaminado e 2,3 horas para o contato residual (Figuras 8 e 9).

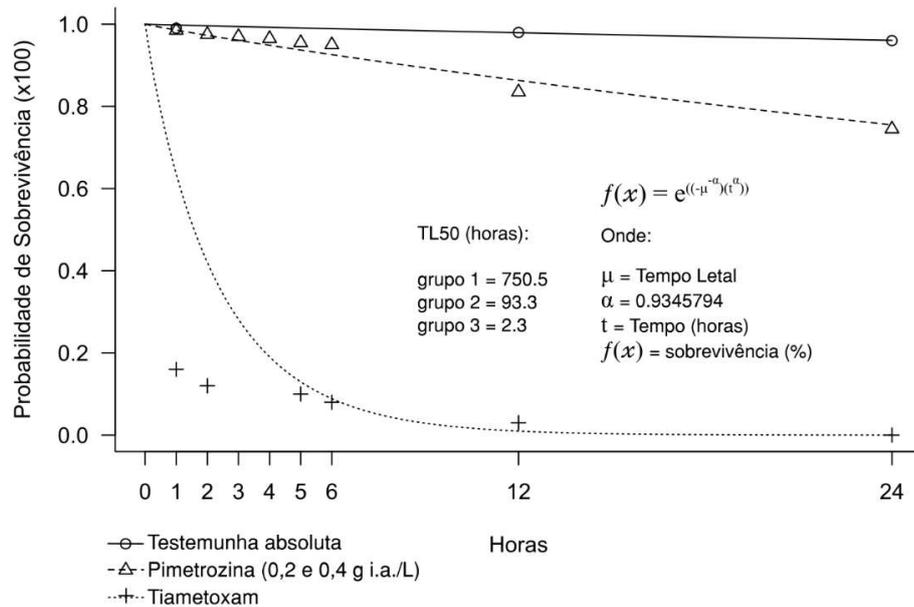


Figura 8. Probabilidade de sobrevivência de abelhas *A. mellifera* após o contato residual do inseticida Pimetrozina, Pombal, 2022.

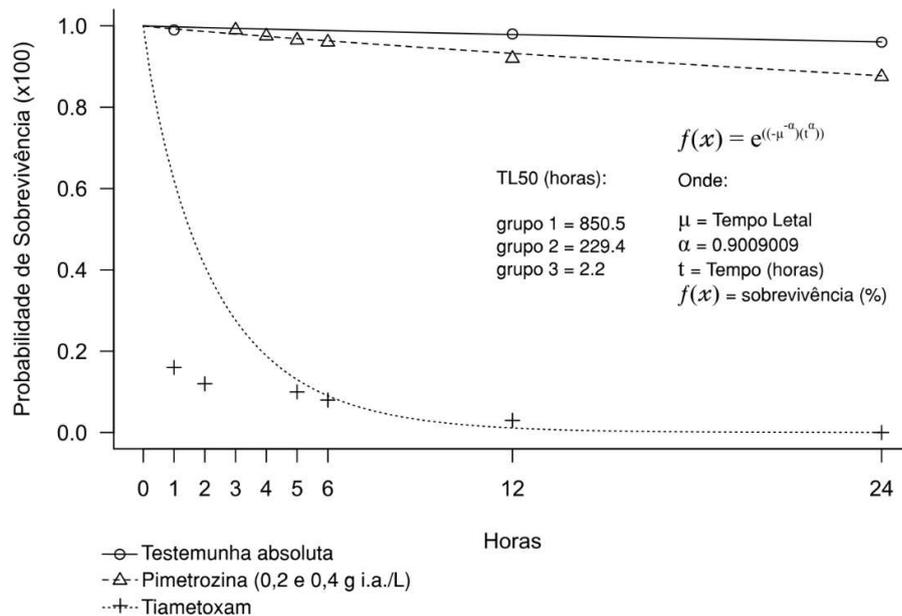


Figura 9. Probabilidade de sobrevivência de abelhas *A. mellifera* após o contato com alimento contaminado com o inseticida Pimetrozina, Pombal, 2022.

Em relação a capacidade de voo, foi verificado que as abelhas expostas ao inseticida Pimetrozina, independente do modo de exposição, diferiram em relação a testemunha absoluta, na qual 60% das abelhas sobreviventes conseguiram voar e

mesmo as que ficaram caminhando na base da torre não apresentavam nenhum distúrbio motor. As doses de Pimetrozina, via ingestão de alimento contaminado, não diferiram estatisticamente entre si, sendo verificado que 45% voaram na dose mínima e 50% na dose máxima (Figura 10). No modo de exposição residual, foi constatada diferença entre as doses do Pimetrozina, que na dose máxima provocou um percentual de 90% de abelhas que não voaram o que indica que o contato residual foi mais nocivo do que o contato por alimento contaminado (Figura11).

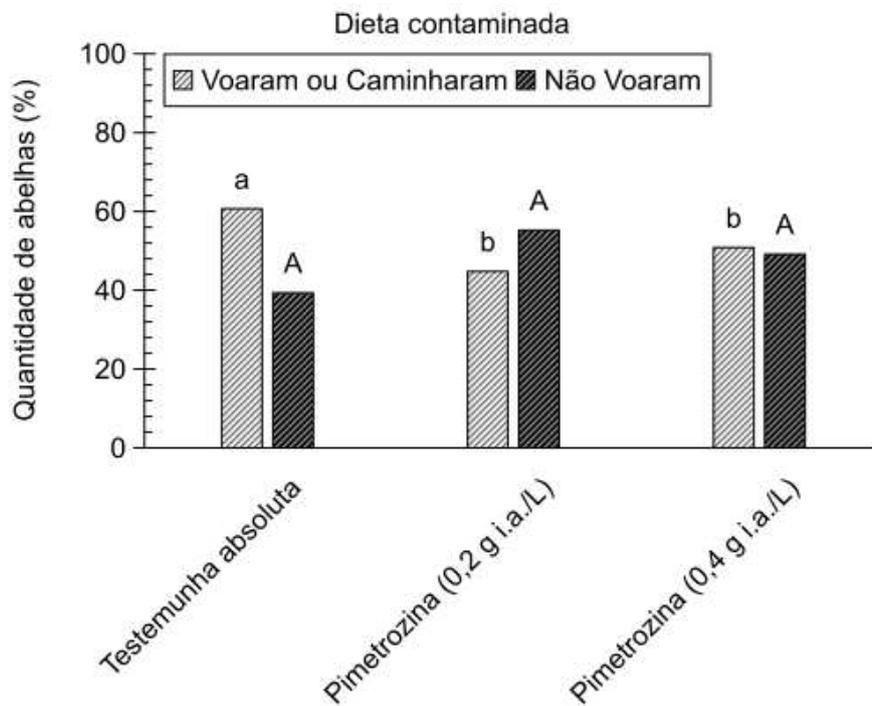


Figura 10. Porcentagem de abelhas *A. mellifera* que voaram e não voaram após exposição ao alimento contaminado do inseticida, Pombal, 2022.

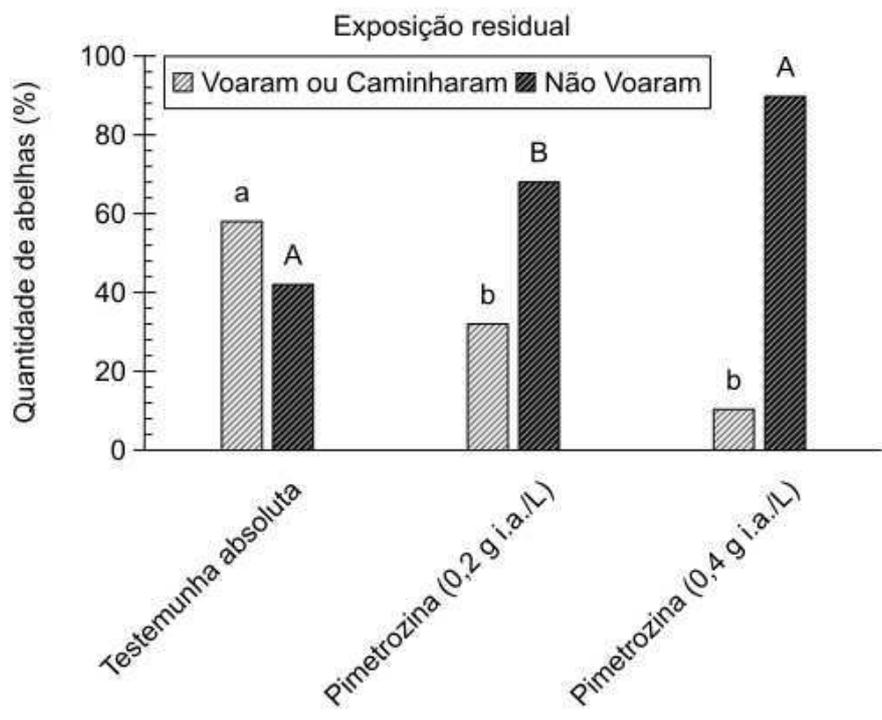


Figura 11. Porcentagem de abelhas *A. mellifera* que voaram e não voaram após exposição residual do inseticida, Pombal, 2022.

Para o parâmetro altura de voo, somente as abelhas da testemunha absoluta atingiram o nível superior da torre, como pode ser observado na Figura 12. No modo de exposição ingestão de alimento contaminado, a maioria das abelhas expostas ao Pimetrozina atingiram apenas dois níveis de altura da torre de voo, sendo eles 45 abelhas na base da torre (Altura 0) na dose mínima e 40 abelhas chegaram ao nível 1 (Altura 1-30 cm), na dose máxima. Já para o modo de exposição residual, a maioria das abelhas (39) permaneceram na base da torre, sendo observado que somente 12 abelhas na dose mínima e 5 abelhas na dose máxima, atingiram a altura entre 1-30 cm.

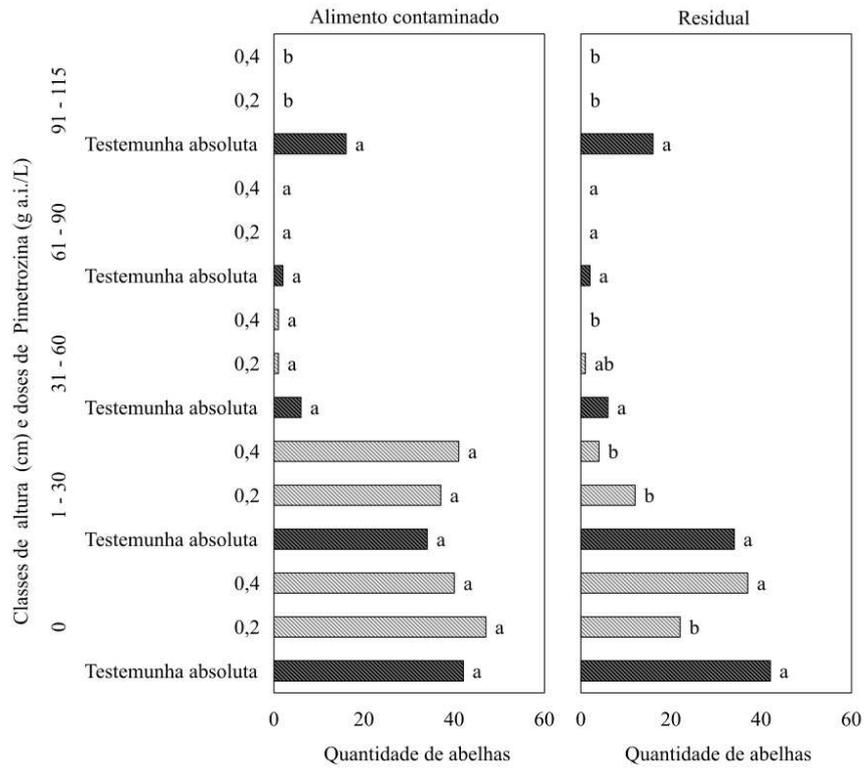


Figura 12. Classes de altura (cm) e doses de Pimetrozina (g i.a./L) sobre *A. mellifera* após o contato com o alimento contaminado e contato residual, Pombal, 2022.

5. DISCUSSÕES

O inseticida Pimetrozina, nos dois modos de exposição avaliados e independentemente da dose, foi pouco tóxico quando comparado a testemunha positiva, Tiametoxam, inseticida que é reconhecidamente letal as abelhas melíferas via residual e ingestão (COSTA et al., 2014). Além disso, a velocidade de mortalidade proporcionada pelo inseticida Pimetrozina foi muito inferior a observada nas abelhas expostas ao Tiametoxam. A baixa mortalidade observada no presente trabalho, provavelmente está associada ao mecanismo de ação do inseticida, pois ele é um modulador do canal TRPV de órgãos cordonotais, que atua paralisando a glândula salivar, tornando-se um bloqueador da alimentação (ABBADE NETO, 2017).

Mohamed et al. (2015), avaliando a toxicidade e alterações bioquímicas da abelha *A. mellifera* exposta a quatro inseticidas em condições laboratoriais, mostrou para a aplicação direta, que a Pimetrozina apresentou uma toxicidade relativa de média a baixa para as abelhas obtendo um $LD_{50} = 0,16 \mu\text{g}/\text{abelha}$, após 24 h de exposição. Ainda de acordo com os autores, a Pimetrozina foi relativamente pouco tóxico para as abelhas via ingestão, ocasionando uma mortalidade de 25%, na dose recomendada de 250 mg/L após 24 h de exposição. Abramson et al. (2012), descobriram que seria necessária uma exposição 100 vezes maior que a dose recomendada de Pimetrozina para ocasionar efeito no condicionamento da extensão da probóscide (alongamento do aparelho bucal) em abelhas (*A. mellifera*: Híbrido var. Buckfast).

É importante destacar que, dentre os modos de exposição, a maior mortalidade foi observada após o contato com resíduos do produto e na dose máxima de Pimetrozina. Este fato provavelmente está relacionado a menor procura pelo alimento no modo de exposição via alimento contaminada, já que o inseticida Pimetrozina pertence ao grupo químico Piridina azometina e inibe a atividade de alimentação dos insetos (SECHSER et al. 2002).

Contudo, não existem informações sobre os impactos de Pimetrozina na capacidade de voo de *A. mellifera*. No presente trabalho observa-se que as abelhas conseguiram voar, principalmente no modo de exposição via ingestão de alimento contaminado, porém não atingiram a altura máxima da torre. Ressalta-se que no modo de exposição residual, na dose máxima de Pimetrozina, praticamente todas as

abelhas ficaram apenas na base da torre, pois apresentaram baixa ou nenhuma capacidade de voar, bem como ficaram bastante debilitadas

Apesar do inseticida Pimetrozina não ser tão nocivo comparado com o Tiametoxam, ele afetou diretamente a capacidade de voo das abelhas que sobreviveram após 24 horas de observação, principalmente, as que estiveram em contato com os resíduos do produto. Tendo em vista que a atividade de voo é fundamental para a sobrevivência das colônias, o uso de produtos que interferem nesse comportamento pode prejudicar as atividades normais das abelhas, levando ao colapso das colmeias. Além disso, a redução na frequência de polinizadores no campo e/ou a polinização ineficiente em plantas causada pela exposição das abelhas a inseticidas pode causar ameaça a manutenção do ecossistema natural e o rendimento da várias culturas, como por exemplo, o melão (BIESMEIJER et al. 2001; KLEIN 2007; BRITAIN e POTTS 2011).

As abelhas *A. mellifera* são os insetos sociais mais usados para os serviços de polinização em diversas culturas, como por exemplo, o meloeiro (SOUSA et al., 2009), e o uso indiscriminado de inseticidas pode colocar em risco a sobrevivência desses polinizadores. Embora o Pimetrozina seja pouco tóxico, apresentou influencia negativa na capacidade de vôo das abelhas após o contato com resíduos do produto, portanto, indica-se que a aplicação desse inseticida não seja feita no período de floração da cultura, já que há bastante visitação de abelhas, e se caso seja necessário, optar fazer as aplica oes do produto ao entardecer ou   noite, pois há pouca incidência de abelhas em campo.

Apesar de não haver resultados sobre o efeito de Pimetrozina na capacidade de voo, diversos pesquisadores alertam sobre a importância de avaliar esse aspecto. Alguns inseticidas, como por exemplo, Piriproxifeno, Tiametoxam, Clorantroliprole, Imidaclopride e outros, já foram registrados como prejudiciais a capacidade de voo, fato que pode comprometer toda a colônia (TOSI et al. 2017; GOMES et al. 2020).

Contudo, esses são os primeiros resultados obtidos com as doses mínimas e máximas do inseticida Pimetrozina registradas para o manejo de pragas no Brasil, em diferentes modos de exposi o, sobre a abelha *A. mellifera*. Os dados obtidos irão auxiliar no desenvolvimento de novas pesquisas e também contribuir para o manejo sustentável dos polinizadores, possibilitando a preserva o e a conserva o de abelhas em áreas de produ o agrícola.

6. CONCLUSÃO

O inseticida Pimetrozina, independentemente do modo de exposição, ocasionou baixa mortalidade sobre *A. mellifera*, entretanto, provocou alterações no comportamento e capacidade de voo das abelhas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBADE NETO, D. de O. Inseticidas utilizados no controle de pragas do algodoeiro são seletivos para *Harmonia axyridis* (Pallas) (coleoptera: coccinellidae)? / Dyrson de Oliveira Abbade Neto. - 2017.
- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology, Riverside**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- ABRAMSON, C. I., SOKOLIWSKI, M.B.C., BROWN, E.A., PILARD, S. The effect of pymetrozine (Plenum WG-50®) on proboscis extension conditioning in honey bees (*Apis mellifera* : Hybrid var, Buckfast). **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 78, 287-295, 2012.
- ACHEAMPONH, S., STARK, J.D. Can reduced rates of pymetrozine and natural enemies control the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli? **Int. J. Pest. Manage.**, 50, 275-279, 2004.
- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário), 2022. Disponível em: agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/!ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=8634&p_tipo_janela=NEW. Acessado em: 09 de abr. 2022.
- ARAUJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJA, P. B.; COELHO, W. A. C.; SILVA, B. K. A.; RUGAMA, A. J. M.; ARAUJO, E. L.; BATISTA, J. L. Toxicity of neonicotinoids used in melon culture towards *Apis mellifera* L. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 14, p. 1204-1208, 2017.
- BARROS, E.M., C.S.A. SILVA-TORRES, J.B. TORRES & G.G. ROLIM. Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. **Phytoparasitica** 46: 391–404, 2018.
- BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMULLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D. SETTELE, J.; KUNI, W. E. (2006) Parallel declines in pollinators and insect pollinated plants in Britain and Netherlands. **Science** 313:351-354. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0076548>
- BRITAIN, C.; POTTS, S. G. (2011) The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. **Basic ApplEcol** 12:321-331. <http://doi.or/10.1016/j.baae.2010.12.004>
- 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. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v.50, n. 3, p. 263-272, 2019.

CERQUEIRA, A., FIGUEIREDO, R.A. (2017) Percepção ambiental de apicultores: desafios do atual cenário apícola no interior de São Paulo. **Acta Brasiliensis**, 1, 17–21. Disponível em: <<https://doi.org/10.22571/actabra3201754>>. Acesso em: 18 de mar. 2022

CHAGAS, M. C. M.; COSTA-LIMA, T. C.; SILVA, J. R. Manejo de pragas. In: nick, c.; BORÉM, A. **Melão do plantio à colheita**. Editora UFV: Viçosa, 2019, p. 118-146.

CHAM, K. O.; NOCELLI, R. C. F.; BORGES, L.; VIANA-SILVA, F. E. C.; TONELLI, C.A. M.; MALASPINA, O.; MENEZES, C.; ROSA-FONTANA, A. S.; BLOCHTEIN, B.; FREITAS, B. M.; PIRES, C. S. S.; OLIVEIRA, F. F.; CONTRERA, F. A. L.; TOREZANI, K. R. S.; RIBEIRO, M. F.; SIQUEIRA, M. A.; ROCHA M. C. L. S. A. Pesticide exposure assessment paradigm for stingless bees. **Environmental entomology**, v. 48, n. 1, p. 36-48, 2019.

CORBY-HARRIS, V.; SNYDER, L.; MEADOR, C. A. D.; NALDO, R.; MOTT, B.; ANDERSON, K. E. *Parasaccharibacterapium*, gen. nov., sp. nov., improves honeybee (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 honeybee *Apis mellifera* under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 45, n. 1, p. 34-44, 2014.

COSTA, N. D.; LEITE, W. M. Manejo e conservação do solo e água: potencial agrícola do solo para o cultivo da melancia. **Embrapa Semiárido**. Barreiras, 2007. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 09 de abr. 2022.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Apicultura: manejo e produtos. **Funep**, Jaboticabal-SP, ed. 3, p. 193, 2006.

CRUZ, D. O.; CAMPOS, L. A. O. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.5-10, 2009.

CUNHA, F.M., WANDERLEY-TEIXEIRA, V., TEIXEIRA, A.A.C., PEREIRA, B.F., CAETANO, F.H., TORRES, J.B., GONÇALVES, G.G.A. & SANTOS, F.A.B. 2015. Effect of Pymetrozine on biochemical parameters and the midgut ultrastructure of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Animal Biol** doi.org/10.1163/15707563-00002476.

DECOURTYE A, LACASSIE E, PHAM-DELEGUE M (2003) Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L) are differentially affected by imidacloprid according to the season. **Pest Manag Sci** 59:269–278. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ps.631>>. Acesso em: 27 de mar. 2022

DECOURTYE, A.; MADER, E.; DESNEUX, N. Landscape enhancement of floral resources for honeybees in agroecosystems. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 264–27, 2010.

GILL, R.J.; RAMOS-RODRIGUEZ, O.; RAINE, N.E. Combined pesticide exposure severely affects individual – and colony – level traits in bees. **Nature**, v.491, p.105- 109, 2012.

GOMEZ, 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: 25 de mar. 2022.

HEARD, M. S.; BAAS, J.; DOURNE. 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 honeybees a useful proxy for wild bee species? **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 357-365, 2017.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & NUNES-SILVA, P. (2010). As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, 10(4):59-62.

ISMAN M (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annu Rev Entomol** 51:45–66. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>. Acesso em: 21 de mar. 2022.

JANSEN, J.P., DEFRANCE, T., WARNIER, A.M. (2011) Side effects of flonicamide and pymetrozine on five aphid natural enemy species. **BioControl** 56, 759–770

KLEIN, A.-M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n.1608, p. 303–313, 2007.

KLUSER, S.; NEUMANN, P.; CHAUZAT, M. P.; PETTIS, J.S. **Global honeybee colony disorder and other threats to insect pollinators**, 2010. Disponível em: <<http://www.unep.org/archive-ouverte.unige.ch/unige:32251>>. Acesso em: 15 de mar. 2022

MACHADO, A.V.A., D.M. POTIN, J.B. TORRES & C.S.A. SILVA TORRES. 2019. Selective insecticide secure natural enemies action in cotton pest management. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 184: 109669.

MAGLIANO, F. et al. Effects of Pymetrozine on biochemical parameters and the midgut ultrastructure of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). *Animal Biology* v. 65, p. 271-285, Janeiro 2015

MAINI, S.; MEDRZYCKI, P.; PORRINI, C. The puzzle of honeybee losses: a brief review. *Bull. Insectol*, v. 63, n. 1, p. 153–160, 2010.

MOHAMED, E. I. BADAWY, HODA M. NASR, ENTSAR I. RABEA. Toxicity and biochemical changes in the honey bee *Apis mellifera* exposed to four insecticides under laboratory conditions. **Apidologie**, 2015, 46 (2), pp. 177-193. 10.1007/s13592-014-0315-0. hal-01284436

NARANJO, S.E., P.C. ELLSWORTH & J.R. HAGLER. 2004. Conservation of natural enemies in cotton: Role of insect growth regulators in management of Bemisia tabaci. **Biol. Control**. 30: 52–72

NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honeybee colony losses. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 1–6, 2010.

NOCELLI, R. C.; ROAT, T. C.; ZACARIN, E. C. S.; MALASPINA, O. Riscos de pesticidas sobre as abelhas. **Semana dos Polinizadores**, v 3, 2012.

PAOLETTI, M. G. Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes: Practical use of invertebrates to assess sustainable land use. **Elsevier**, 2012.

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.

POTTS, S.G.; et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v.25, n.6, 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: 21 de mar. 2022.

SATTELLE D, CORDOVA D, CHEEK T (2008) Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. **Invertebr Neurosci** 8:107–119

SECHSER, B., REBER, B., BOURGEOIS, F. (2002). Selectivity spectrum to beneficial arthropods and fitness for integrated pest management. **Anzeiger für Schädlingskunde** 75, 72–77

SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Exposure to pesticides from bees (*Apis mellifera*) that pollinate the culture of the melon. **Apidologie**, v. 46, n. 6, p. 703-715, 2015.

SIQUEIRA, K. M. M.; KIILL, L. H. P.; GAMA, D. C. S. A.; COELHO, M. S. Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 473-478, 2011.

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.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; MARACAJÁ, P. B.; AZEVEDO, A. E. C. Período de introdução de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para polinização de melão amarelo (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde**, Pombal - PB, v 9. n. 4, p. 01 - 04, 2014.

SUCHAIL S, GUEZ D, BELZUNCES LP (2000) Characteristics of imidacloprid toxicity in two *Apis mellifera* subspecies. **EnvironToxicolChem** 19:1901–1905. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/etc.5620190726>>. Acesso em: 27 de mar. 2022

SUCHAIL S, GUEZ D, BELZUNCES LP (2001) Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. **EnvironToxicolChem** 20:2482–2486. <<https://doi.org/10.1002/etc.5620201113>>. Acesso em: 24 de mar. 2022.

TORRES, J.B., C.S.A. SILVA-TORRES & J.V. OLIVEIRA. 2003. Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. **Pesqu. Agropec. Bras.** 38: 459–466.

TOSI, S.; BURGIO, G.; NIEH, J. C. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 18, 2017.

VANENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D.; CHEN, Y.; UNDERWOOD, R.; TARPY, D. R.; PETTIS, J. S. Colony collapse disorder: a descriptive study. **Plos One**, San Francisco, v.4, p.1-17, 2009.

WHITFIELD, C.W.; et al. Thrice out of Africa: ancient and recent expansion of the honeybee, *Apis mellifera*. **Science**, v.314, p.642–645, 2006.

WU-SMART, J.; SPIVAK, M. Sublethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honeybee queen fecundity and colony development. **Scientific Reports**, v. 6, n. 32108, 2016.