



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

**TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO+ PIRIPROXIFEM
SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)**

ISMAR DANTAS DA SILVA

POMBAL-PB
2022

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

**TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO+ PIRIPROXIFEM
SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)**

ISMAR DANTAS DA SILVA

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. EWERTON MARINHO DA COSTA.

POMBAL-PB
2022

S585t Silva, Ismar Dantas da.

Toxidade residual de Acetamiprido + Piriproxifem sobre *Apis mellifera*
(Hymenoptera: Apidae) / Ismar Dantas da Silva. – Pombal, 2022.

32 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2022.

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

Referências.

1. Toxicidade residual. 2. Polinizadores. 3. Neonicotinoides. 4. Éter
Piridiloxipropílico. 5. Inseticidas - Efeito letal. 6. Inseticidas - Efeito subletal. 7.
Mortalidade de abelhas. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 632.95.024 (043)

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

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

TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO+ PIRIPROXIFEM SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)

ISMAR DANTAS DA SILVA

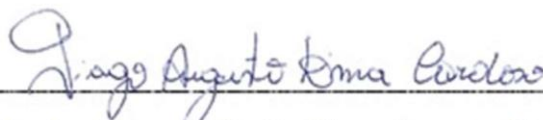
Trabalho de conclusão de curso apresentado a Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA) – CCTA/UFCG, Curso de Agronomia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 19/08/2022

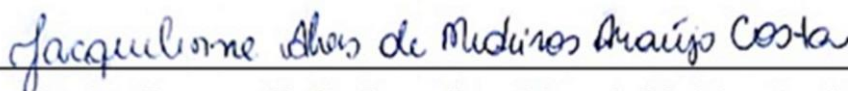
BANCA EXAMINADORA



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. Jacqueline Alves de Medeiros Araújo Costa

DEDICATORIA

Primeiramente a DEUS pela sua misericórdia e infinita bondade pois sem ele eu nada seria, aos meus pais Manoel Raimundo da Silva e Marilane Macena Dantas da Silva, ao meu avô Raimundo Severino da Silva (In memoriam), pelo amor e cuidado e educação a mim destinado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde, força e coragem para prosseguir em meio as adversidades impostas pela vida, e ter renovado minha fé todos os dias.

Aos meus pais, Manoel Raimundo da Silva, e Marilane Macena Dantas da Silva, pelo cuidado, amor, e dedicação a mim destinados.

Aos meus irmãos Isnael Dantas da Silva e Israel Dantas da Silva pelos conselhos e companheirismo.

A minha namorada Lidiane Torres, pelo seu amor, carinhos, e paciência estando do meu lado em todos os momentos bons e ruins.

A toda minha família direta ou indiretamente que ajudou a moldar a minha educação e caráter.

Ao meu orientador, Ewerton Marinho da Costa, por ser um exemplo de profissional, por todos os ensinamentos, pelas orientações, amizade, dedicação e responsabilidade.

Ao GEENTO, em especial aos colegas, Maressa, Alesia, Leticia, Daiane, Rafael, Everaldo e ao técnico de laboratório Tiago pelo suporte na condução do experimento.

Aos amigos de UFCG, Caio Gabriel, Jailson, Tallysson, Hemile, e Victoria pelo companheirismo e sofrimento dividido nas horas difíceis.

A instituição de ensino UFCG e a todo seu corpo docente que contribuiu com o conhecimento e formação profissional.

A todos que de alguma maneira me ajudaram a chegar ao meu objetivo.

TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO+ PIRIPROXIFEM SOBRE *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)

RESUMO

Abelhas *Apis mellifera* são fundamentais para polinização em diversas culturas, como é o caso do meloeiro (*Cucumis melo* L.). Entretanto, a utilização desordenada de inseticidas pode afetar a ação desses agentes polinizadores. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito letal e subletal do inseticida Acetamiprido + Piriproxifem sobre *A. mellifera*, por meio do contato residual em folhas de meloeiro em função de diferentes tempos após a pulverização do inseticida. O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia pertencente ao CCTA/UFCG, Campus Pombal. O inseticida Acetamiprido+ Piriproxifem foi avaliado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 X 3 sendo utilizadas duas doses do produto. Uma dose mínima 200mL/ha (0,08 g i.a/L de Acetamiprido+ 0,04 g i.a/L de Piriproxifem) e uma máxima 300mL/ha (0,12 g i.a/L de Acetamiprido+ 0,06 g i.a/L de Piriproxifem) recomendadas para aplicação na cultura do meloeiro, Tiametoxam na dose 600 mL/ha (0,3g i.a/L) como testemunha positiva e água destilada como testemunha absoluta em função de três tempos distintos de exposição (1 h, 2 h e 3 h após a pulverização). Após a exposição, foi avaliada a mortalidade a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição ao inseticida nas folhas e o comportamento (prostração, tremores, paralisia, etc.) das abelhas em cada horário de avaliação. Como também a capacidade de voo das sobreviventes após as 48 horas do contato com os produtos. Observou-se quando expostas a dose mínima no tempo de 1h após a aplicação e na dose máxima com 1h, 2h e 3h após a aplicação, que apresentaram mortalidade de 40%, 48%, 45% e 39%, respectivamente. A dose mínima nos tempos 2h e 3h após a aplicação, não apresentaram diferença significativa, e ocasionaram o menor percentual de mortalidade (20%), o tempo letal TL₅₀ foi de 85,4 horas na dose mínima e máxima nos diferentes tempos, mostrando-se moderadamente tóxico para *Apis mellifera* se comparado a testemunha positiva. Em relação ao comportamento foi verificado que as abelhas aglomeravam-se no centro das arenas, independente da dose, e alguns indivíduos demonstravam-se mais ativos com maior atividade motora e bater de asas sem conseguir escalar a parede e chagar até o teto. Acetamiprido + Piriproxifem nas doses testadas pode ser considerado moderadamente tóxico para as operárias adultas de *A. mellifera* em contato residual com folhas de meloeiro. Pois apesar da mortalidade baixa se comparado a testemunha positiva ocasionou distúrbios motores e leve redução da capacidade de voo.

Palavras chaves: Polinizadores, neonicotinoides, Éter piridiloxipropílico, efeito letal, mortalidade

ABSTRACT

The honey bees (*Apis mellifera*) are essential pollinator for several crops, such as the melon (*Cucumis melo* L.). However, the excessive use of insecticides may harm several pollinators. Therefore, this work aims to evaluate the lethal and sublethal effect of the insecticide Acetamiprid + Pyriproxyfen on honey bees through residual contact on melon leaves as a function of different times after spraying the insecticide. The work was carried out at the Entomology Laboratory of CCTA/UFMG, Campus Pombal. The insecticide effect was investigated in a completely randomized design, in a 4 X 3 factorial scheme, two doses of the product: (1) the minimum dose of 200mL/ha (0.08 g a.i./L of Acetamiprid + 0.04 g a.i./L of Pyriproxyfen); (2) the maximum dose of 300mL/ha (0.12 g a.i./L of Acetamiprid + 0.06 g a.i./L of Pyriproxyfen) recommended for application in the melon crop; (3) thiamethoxam at the dose of 600 mL/ha (0.3 g a.i./L) as positive control; and (4) distilled water as absolute control; all submitted to three different exposure times (1, 2, and 3 hours after spraying). After exposure, bees' mortality was recorded at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24, and 48 hours after the start of insecticide exposure on leaves. Bees' behavior (prostration, tremors, paralysis, etc.) were monitored at each assessment time. The flight abilities of the survivors were examined after 48 hours of contact with the products. The minimum dose within 1h after application and the maximum dose at 1h, 2h, and 3h showed mortality of 40%, 48%, 45%, and 39%, respectively. The minimum dose at 2h and 3h after application showed no significant difference, and caused the lowest percentage of mortality, 20%, which is considered moderately toxic to honey bees compared to a positive control. Regarding the behavior, it was verified that the bees clustered in the center of the arenas, regardless of the dose, and some individuals were more active with greater motor activity and flapping their wings without being able to climb the wall and reach the ceiling. Acetamiprid + Pyriproxyfen at the tested doses is moderately toxic to adult workers of honey bees in residual contact with melon leaves. Despite the low mortality compared to the positive control, it caused motor disorders and reduced light flight capacity.

Keywords: Pollinators, neonicotinoids, Pyridyloxypropyl ether, residual lethal, mortality

SUMARIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	9
2.1. Abelhas <i>Apis mellifera</i> : Histórico, criação, produtos	9
2.2. Meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.): importância econômica, pragas e dependência da polinização por <i>Apis mellifera</i>	10
2.3. Declínio das populações de Abelhas.....	12
2.4. Toxicidade de neonicotinoides (acetamiprido)+ Éter piridiloxipropílico (Piriproxifem).....	13
3. MATERIAIS E METODOS	14
3.1 BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO + PRIRIPROXIFEM SOBRE <i>Apis mellifera</i>	15
3.2 BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ACETAMIPRIDO + PIRIPROXIFEM	16
3.3 ANÁLISE DOS DADOS	17
4. RESULTADOS.....	18
4.1 BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO + PRIRIPROXIFEM SOBRE <i>Apis mellifera</i>	17
4.2 BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ACETAMIPRIDO + PIRIPROXIFEM	19
5. DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSOES.....	24
7. REFERENCIAS	25
APÊNDICIE 1	29
APÊNDICIE 2	30
APÊNDICIE 3	31

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 70% das plantas cultivadas no mundo necessitam da atividade de polinização realizada pelas abelhas, fato que assegura a produção e garante obtenção de alimentos em quantidade e qualidade suficiente para suprir à demanda de uma população em constante crescimento (PIRES et al., 2016). Dentre as espécies de abelhas destaca-se a *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) devido, ao seu fácil manejo, tamanho de suas colônias, sua abundância em diferentes ecossistemas e perfil generalista na busca de recursos (MORAIS et al., 2012; PIRES et al., 2016).

Em cultivos comerciais de meloeiro (*Cucumis melo* L.) a presença da abelha *A. mellifera* é imprescindível para polinização e obtenção de frutos (KIILL et al., 2015). A maioria das variedades e híbridos de meloeiro são andromonóicas (flores masculinas e hermafroditas na mesma planta), e apresentam um grão de pólen viscoso e pesado o que dificultam a polinização abiótica (SOUSA et al., 2014). Sendo assim, o aluguel de colônias de *A. mellifera* para a introdução na área de cultivo durante o período de florescimento da cultura é um insumo externo que assegura a produção de frutos adequados ao mercado consumidor (KLEIN et al., 2020).

Entretanto, apesar da importância das abelhas para a polinização, nos últimos anos tem ocorrido reduções de enxames e desaparecimento de *A. mellifera* em várias localidades do Brasil e em outras partes do mundo. Dentre as principais causas para a referida redução está a intoxicação pelo contato com agrotóxicos, especialmente no momento do forrageamento em cultivos submetidos ao controle químico de pragas (VAN ENGELSDORP et al., 2009; IMPERATRIZ- FONSECA et al., 2012; CASTILHOS et al., 2019a). Na América do Norte, esse fenômeno recebeu a denominação de Desordem do Colapso das Colonias (CCD), e, de acordo com diversos pesquisadores, pode gerar prejuízos na agricultura com impacto severo na alimentação humana, haja visto que, sem abelhas ocorrerá redução significativa na produção de alimentos (IMPERATRIZ- FONSECA et al., 2012).

Inseticidas dos grupos químicos Neonicotinoide e Éter piridiloxipropílico, como os ingredientes ativos Acetamiprido e Piriproxifem, respectivamente, são comumente aplicados nas áreas de produção de melão devido a eficiência no controle de insetos praga, fato que pode colocar em risco a sobrevivência das abelhas em campo (GRAVENA et al., 2010; PACIFICO DA SILVA, MELO, SOTO-BLANCO, 2016). De

maneira isolada, algumas doses dos inseticidas Acetamiprido e Piriproxifem já foram avaliadas em relação a toxicidade sobre *A. mellifera*. Todavia, pesquisas relacionadas ao efeito da formulação em mistura dos referidos ingredientes ativos ainda escassas, sendo, portanto, imprescindível a realização de estudos visando avaliar a toxicidade desses inseticidas sobre as abelhas *A. mellifera*.

Goulson (2013), relata que ainda existem poucas evidências convincentes sobre mortalidade direta a *A. mellifera* em exposição aos neonicotinoides, mas destaca que doses subletais podem reduzir o aprendizado, a atividade de forrageamento, e capacidade de retorno de abelhas e zangões. Araújo et al., (2017), testando o efeito tóxico de diferentes neonicotinoides em abelhas, via dieta contaminada, constatou que o Acetamiprido causou maior efeito tóxico nas abelhas após 78 horas de exposição. Castilhos et al., (2019.a), analisando amostras de abelhas que polinizavam a cultura do meloeiro, obteve em média 5,9 µg/kg de Acetamiprido, concentração suficiente para causar algum dano no comportamento.

Enquanto que para os inseticidas juvenoides, Baptista et al., (2009) observaram valores de mortalidade para *A. mellifera*, quando expostas ao Piriproxifem, de 10% com TL₅₀ de 466,38 h; 30% com TL₅₀ de 90,92h; 8% com TL₅₀ de 340,36 h; 18% com TL₅₀ de 242,26 h, quando submetidos a pulverização direta, fornecimento de dieta contaminada e contato com superfícies tratadas, respectivamente.

Considerando o exposto anteriormente, objetivou-se avaliar o efeito letal e subletal do inseticida formulado em mistura Acetamiprido + Piriproxifem sobre *A. mellifera*, por meio do contato residual em folhas de meloeiro em função de diferentes tempos após a pulverização do inseticida.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Abelhas *Apis mellifera*: Histórico, características gerais, criação e produtos

Pode-se dizer que a apicultura brasileira se inicia no ano de 1845 com as abelhas europeias trazidas pelos alemães para o sul do país, com o intuito de introduzir o mel na dieta brasileira, mas até então, a atividade era apenas tratada como hobby e conseqüentemente apresentava baixa produção. No entanto, com a introdução da abelha africanizada (*Apis mellifera scutellata*) em 1956, ocorreu o processo de africanização, resultando em um híbrido mais produtivo, do cruzamento

das abelhas africanas com as europeias presentes no país (DOS REIS; SILVA PINHEIROS, 2011).

A *A. mellifera* é um inseto que pertence a ordem dos Himenópteros e à família Apidae, apresentam o hábito de viverem em sociedade com uma extraordinária organização, em que cada colmeia apresenta cerca de 60 mil abelhas, sendo composta por três tipos de castas: uma única rainha (fêmea fértil), dezenas de zangões (machos) e milhares de operárias (estéreis) (RAMOS; CARVALHO, 2007). Essas castas passam por uma metamorfose completa (fases ovo, larva, pupa e adulto) para atingir a forma adulta. O corpo é dividido em cabeça, tórax e abdome, com um esqueleto externo chamado exoesqueleto, constituído de quitina, possuem ainda aparelho bucal do tipo lambedor com mandíbulas adaptadas para moldar cera e cortar vegetais, e um lábio inferior alongado; antenas geniculadas e na tíbia posterior há uma concavidade chamada corbícula que tem como função o transporte do pólen (GALLO et al., 2002; BACAXIXI et al., 2011).

A criação apícola está em plena expansão no país, tendo em vista a importância das atividades de polinização realizadas pelas abelhas numa infinidade de culturas e a grande quantidade de produto resultante dessa atividade. Contudo, a apicultura ainda é recorrente em pequenas propriedades da agricultura familiar, onde há a presença de associações e cooperativas, tanto para a compra de insumos e equipamentos de beneficiamento para a casa do mel, quanto para a comercialização do produto nos mercados externo e interno (PAULA NETO; ALMEIDA NETO, 2006).

O homem é beneficiado direta e indiretamente pelo serviço realizados pelas abelhas. De maneira direta, é possível se produzir mel, própolis, pólen, cera, apitoxina, e geleia real, desde que manejada de forma correta para cada finalidade; de forma indireta, é beneficiado pela polinização realizada naturalmente em diversas culturas de interesse agrícola contribuindo para aumentos de produção, além disso proporciona conservação da flora nativa e estabilidade nos ecossistemas (PEGORARO et al., 2017).

2.2. Meloeiro (*Cucumis melo* L.): importância econômica, pragas e dependência da polinização por *Apis mellifera*.

O meloeiro é uma das culturas de grande importância agrícola para o Brasil, principalmente na região Nordeste, onde se concentra a maior produção de melão,

proporcionando desenvolvimento econômico e social, com a geração de emprego e renda (KILL et al., 2015).

Tendo como possível centro de origem a África tropical e Subtropical, a cultura do melão encontrou no Nordeste do país localização geográfica privilegiada, clima e solo favoráveis para mais de uma safra por ano, fazendo com que os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco correspondam a mais de 90% da produção nacional (ARAUJO et al., 2004). Por ser uma cultura de ciclo curto, (no máximo 60 dias), em plantio escalonado apresenta uma grande quantidade de pragas e doenças nas áreas de produção, como consequência, é utilizada uma grande quantidade de produtos fitossanitários para o controle das pragas e doenças (GUIMARAES et al., 2008).

Dentre os principais insetos que causam danos ao meloeiro, temos: mosca branca *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), mosca minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), as brocas das cucurbitáceas *Diaphania nitidalis* e *D. hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae), pulgão *Aphis gossypi* (Hemiptera: Aphididae) e tripses *Frankliniella* spp. e *Thrips* spp. (Thysanoptera: Thripidae) (GALLO et al., 2002; BRAGA SOBRINHO et al., 2011). Para o controle de insetos nocivos, diversos inseticidas são registrados, havendo a rotação de ingredientes ativos com diferentes mecanismos de ação, para aumentar a eficiência de controle e evitar o surgimento de pragas resistentes.

Em relação a importância da abelha *A. mellifera*, é importante mencionar inicialmente que a maioria dos híbridos e variedades cultivadas são andromonoicas, (flores masculinas e hermafroditas na mesma planta), e apresentam um grão de pólen viscoso e pesado, o que dificulta a ação dos polinizadores abióticos no transporte da antera até o estigma (SOUSA et al., 2014). Devido a essas características faz-se necessário a ação dos polinizadores bióticos para que ocorra a fecundação. As abelhas do gênero *Apis* são manejadas em todo o mundo para polinizar com eficiência as mais diversas culturas, incluindo o meloeiro (SOUSA, EVANGELISTA-RODRIGUES, PINTO, 2007).

Sousa et al., (2014) observou que a maior frequência de visitas das abelhas *A. mellifera* a cultura do meloeiro ocorre nas primeiras horas da manhã, especificamente das 05:00- 07:00h, e relata que a introdução de colmeias aos 23 dias do ciclo da cultura, resulta em frutos com tamanhos maiores e mais pesados, já aos 33 dias obtém-se frutos menores e mais uniformes aos padrões do mercado. Em estudo

realizado por Sousa et al., (2013), testando diferentes densidades de colmeias de *A. mellifera*, por hectare, foram observados aumentos significativos de produção de meloeiro com densidade de 6 e 4 colmeias/ha. Araújo et al., (2004) afirma a importância da polinização realizadas pelas abelhas para *C. melo* L., pois, na ausência delas não ocorreu produção de frutos na cultura. Segundo Klein et al., (2020) o serviço de polinização pode ser tratado como um insumo externo que garante a produção, com o aluguel e introdução de colmeias na área durante o período de florescimento da cultura.

2.3. Declínio das populações de Abelhas

As abelhas *A. mellifera* são as mais utilizadas em todo o mundo nos cultivos agrícolas, pois representam um grupo de indivíduos muito eficiente no serviço de polinização devido ao fácil manejo de suas colmeias, tamanho de suas colônias, sua abundância em diferentes ecossistemas e seu perfil generalista na busca de recursos (GIANNINI et al., 2015; PIRES et al., 2016).

No entanto, nos últimos anos tem-se constatado um súbito desaparecimento de grande número de abelhas em diversas regiões do mundo (VAN ENGELSDORP et al., 2009; PIRES et al., 2016; CASTILHOS et al., 2019.a). Esse desaparecimento de grande número de indivíduos de uma colmeia ficou conhecido como Desordem do Colapso das Colmeias – CCD em países da América do Norte e Europa. Van Engelsdorp et al., (2009), relatam que essa síndrome é caracterizada por um conjunto comum de sintomas específicos, sendo eles: a rápida perda de abelhas operárias adultas de colônias afetadas, evidenciado por colônias fracas ou mortas com excesso de populações de ninhadas em relação a populações de abelhas adultas; uma notável mortalidade de abelhas operárias dentro e ao redor das colmeias afetadas; e a invasão de pragas das colmeias.

Ainda não está totalmente esclarecido as causas da CCD, mas alguns estudos relatam a atuação em conjunto de estresses acumulado por nutrição deficientes, atuação de patógenos, parasitas e efeitos do contato com agrotóxicos utilizados em diversas culturas (PIRES et al., 2016). Castilhos et al., (2019.a) realizaram uma consulta pública online através de um site especializado, ao qual foi espelhado em diversas plataformas eletrônicas no período de 5 anos, (2013- 2017), com o objetivo de mensurar as principais causas do desaparecimento de colmeias de abelhas. Ainda

segundo os autores, como resultados constataram que 19.296 de 37.453 colônias e ninhos foram perdidos (estimado > 1 bilhão de abelhas), em que as perdas foram maiores para as abelhas africanizadas (*A. mellifera*), seguidas pela abelha sem ferrão *Tetragonisca angustula*. No estado de São Paulo, que correspondeu a 45,7% das notificações, 55,9% dos questionários notificaram o efeito dos neonicotinoides utilizados no controle de pragas como principal causa do desaparecimento (CASTILHOS et al., 2019.a).

Em estudo complementar ao anterior, realizado por Castilhos et al., (2019.b), onde coletou-se amostras de abelhas vivas e mortas em apiários notificados no site BEE ALERT, como desaparecimento de abelhas devido ao efeito de agrotóxicos. Em análise realizada através de Cromatografia líquida de ultra alta eficiência (UHPLC-NexeraX2-Shimadzu) combinada com espectrômetro de massa triplo quadrupolo (LCMS-8040-Shimadzu), vários inseticidas foram detectados, com ocorrência frequente de fipronil e neonicotinóides em níveis letais (>LD₅₀) nesses insetos. De acordo com Tosi, Burgio; Nieh (2017), os neonicotinoides podem afetar a capacidade de navegação das abelhas, além de prejudicar a capacidade de voo das abelhas.

2.4. Toxicidade de neonicotinoides (Acetamiprido) + Éter piridiloxipropílico (Piriproxifem)

Os neonicotinoides são neurotóxicos, pois atuam interrompendo a transmissão neural no sistema nervoso, ligando-se aos receptores da acetilcolina dos invertebrados imitando a ação dos neurotransmissores, ao fazer isso eles estimulam os neurônios, levando a excitação (GALLO et al., 2002; IWASA et al., 2004; SINONDELSON et al., 2014). Já os juvenoides são um grupo de inseticidas, que simulam o hormônio juvenil, tendo maior eficiência sobre o último instar de desenvolvimento do inseto, no qual com a sua aplicação, o nível de hormônio é elevado novamente, evitando que o inseto avance de fase no seu desenvolvimento (GALLO et al., 2002; GRAVENA et al., 2010).

Costa et al., (2014), avaliando diferentes inseticidas utilizados na cultura do meloeiro (Abamectina, Acetamiprido, Cloridrato de Cartape, Clorfenapir, Ciromazina, Deltametrina, Tiametoxam, Flufenoxurom e Piriproxifem), em efeito residual após 1h da pulverização, acetamiprido e piriproxifem isolados ocasionaram 60% e 34.7% de mortalidade respectivamente em abelhas.

Araújo et al., (2017), em estudo comparativo entre o efeito de neonicotinoides (tiametoxam, imidaclopride e acetamipride), utilizados na cultura do meloeiro (*C. melo* L.) sobre *A. mellifera*, constatou que todos são tóxicos para a abelha, em maior ou menor dose, diferindo entre eles apenas o tempo de mortalidade, que para tiametoxam ocorreu nas primeiras horas; imadaclopride 48 horas depois; acetamiprido 72 horas após a exposição. Castilhos et al., (2019.b), analisando amostras de abelhas que polinizavam a cultura do melão, obteve em média 5,9 µg/kg de acetamiprido, concentração suficiente para causar algum dano no comportamento.

Gomes et al., (2019), testando diferentes inseticidas aplicados na cultura do melão, obteve resultados de baixa mortalidade de *A. mellifera* quando em contato com piriproxifem, enquanto que imidacloprido (neonicotinoide) causou 100% de mortalidade nas primeiras horas. Fourrier et al., (2015), estudou o impacto do análogo juvenoide piriproxifem em larvas e adultos, resultantes de uma colônia em condições de semi-campo, e concluiu que as abelhas adultas tratadas com piriproxifem exibiram menos comportamentos sociais, entre eles ventilação, cuidados com a ninhada, contatos com companheiros de ninho ou estoques de alimentos. Baptista et al., (2009), estudando inseticidas juvenoides obteve valores de mortalidade para *A. mellifera*, quando expostas ao piriproxifem, de 10% com TL de 466,38 h; 30% com TL de 90,92h; 8% com TL de 340,36 h; 18% com TL de 242,26 h, quando submetidos a pulverização direta, fornecimento de dieta contaminada e contato com superfícies tratadas (placa de petri, e folhas de Citros. contaminadas), respectivamente.

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), 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 Privilege® (Acetamiprido + Piriproxifem) nas doses mínima e máxima recomendada pelo fabricante para o controle de pragas em meloeiro. Como testemunha absoluta foi utilizado água destilada e como testemunha positiva o inseticida Tiametoxam na dose máxima registrada para o controle de pragas em meloeiro (TABELA 1).

TABELA 1. Inseticidas e respectivas doses avaliadas com relação à toxicidade residual sobre *Apis mellifera*, Pombal-PB, 2022.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Modo de ação	Dose utilizada	Praga alvo
Acetamiprido+ Piriproxifem	Neonicotinoide + Eter piridiloxipropílico	Contato e ingestão	300 mL/ha (0,12 g i.a/L de Acetamiprido+ 0,06 g i.a/L de Piriproxifem)	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>)
			200 mL/ha (0,08 g i.a/L de Acetamiprido+ 0,04 g i.a/L de Piriproxifem)	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>)
Tiametoxam	Neonicotinoide	Contato e ingestão	600g/ha (0,3g i.a/L)	Pulgão-das-Inflorescências (<i>Aphis gossypii</i>)

3.1 BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO + PRIRIPROXIFEM SOBRE *Apis mellifera*

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 X 3 [sendo duas doses do inseticida Acetamiprido + Piriproxifem, uma dose da testemunha positiva e uma testemunha absoluta em função de três tempos distintos de exposição (1 h, 2 h e 3 h após a pulverização)] com 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

Para avaliar a toxicidade residual do inseticida, inicialmente foram produzidas plantas de meloeiro amarelo, (cultivar Iracema) em casa de vegetação do CCTA/UAGRA/UFCG. As plantas foram produzidas e mantidas em vasos (com capacidade de 1 kg) contendo como substrato solo + matéria orgânica na proporção de 2:1. Quando as plantas atingiram o número mínimo de seis folhas definitivas, foram selecionadas 10 plantas para cada tratamento. As plantas selecionadas foram pulverizadas com o supracitado inseticida, com cada uma das doses (mínima e máxima), com auxílio de um pulverizador manual.

Em seguida, as plantas foram separadas em três grupos antes de colocar as abelhas em contato com as folhas: Grupo 1: 1 hora de secagem, Grupo 2: 2 horas de secagem e Grupo 3: 3 horas de secagem. Para a devida secagem dos produtos

pulverizados, as plantas foram transferidas para um local arejado e à sombra, onde permaneceram durante as horas mencionadas acima. As folhas de cada grupo de plantas foram cortadas na altura do pecíolo, e em seguida colocadas em arenas (recipientes plásticos com 15cm de diâmetro X 15cm de altura e extremidade parcialmente coberta com tecido fino para possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente) juntamente com um chumaço de algodão embebido em água e dieta artificial para abelhas (Pasta Cândi).

Após o referido procedimento, só então foram liberadas no interior das arenas as operárias adultas de *A. mellifera* para o contato com os resíduos dos produtos. Foram avaliadas a mortalidade e o comportamento (prostração, tremores, paralisia, etc.) a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição aos inseticidas nas folhas, seguindo a metodologia utilizada por Costa et al.,2014.

3.2 BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ACETAMIPRIDO + PIRIPROXIFEM

A atividade de voo foi avaliada para todas as abelhas que sobreviverem após as 48 horas de exposição aos resíduos do inseticida Acetamiprido + Piriproxifem. Para avaliar a atividade de voo foram utilizados túneis de voo seguindo a metodologia proposta por Gomes et al. (2020).

A torre de voo é composta por uma estrutura de madeira (35 x 35 x 105 cm) e com as laterais revestidas de plástico, aberta em seu interior para que as abelhas pudessem voar livremente entre o piso e a lâmpada (topo da torre). O experimento foi conduzido com o laboratório escuro sob temperatura média ambiente de $26^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e UR de $65 \pm 10 \%$, onde a única fonte de luz foi a lâmpada instalada no topo da torre de voo. Cada abelha sobrevivente foi solta individualmente na base da torre e foi concedido o tempo de um minuto para que as mesmas realizassem o voo. A torre de voo apresenta cinco níveis de altura: 0 (base da torre), 1 (de 1 cm a 30 cm de altura), 2 (de 31 cm a 60 cm de altura), 3 (de 61 cm e 90 cm de altura) e 4 (de 91 cm até 115 cm, topo da torre). Para realização das análises foram registradas as abelhas que conseguiram voar ou não, bem como a altura que cada abelha conseguiu atingir.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A porcentagem de mortalidade foi calculada para cada tratamento e corrigida usando a equação de Abbott (1925), sendo em seguida aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) a nível de 5% de significância, seguido do teste de Wilcoxon. Os dados de sobrevivência dos adultos foram analisados utilizando-se o pacote Survival (THERNEAU; LUMLEY, 2010) do software R 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 grupo. Para a capacidade de voo, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis (1952) a nível de 5% de significância, seguido do teste de Wilcoxon. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

4. RESULTADOS

4.1 BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE ACETAMIPRIDO + PRIRIPROXIFEM SOBRE *Apis mellifera*

As doses avaliadas do inseticida Acetamiprido + Piriproxifem foram estatisticamente diferentes da testemunha absoluta e positiva. Dentre as doses do Acetamiprido + Piriproxifem, não houve diferença significativa na mortalidade das abelhas quando expostas a dose mínima (0,08 g i.a/L de Acetamiprido + 0,04 g i.a/L de Piriproxifem) no tempo de 1h após a aplicação e na dose máxima (0,12 g i.a/L de Acetamiprido + 0,06 g i.a/L de Piriproxifem) com 1h, 2h e 3h após a aplicação, que apresentaram mortalidade de 38,9%, 49,2%, 45,8% e 32,5%, respectivamente. A dose mínima nos tempos 2h e 3h após a aplicação, não apresentaram diferença significativa, e ocasionaram o menor percentual de mortalidade. Enfatiza-se ainda que Acetamiprido + Piriproxifem independente da dose e do tempo para a exposição foi menos letal que a testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam que provocou quase 100% da mortalidade das operárias de *A. mellifera* em 48 horas de observação (TABELA 2).

TABELA 2: Mortalidade de *A. mellifera* quando expostas a resíduos de inseticidas em diferentes tempos após a pulverização, Pombal- PB, 2022.

Tratamento	Dose (g i.a. L ⁻¹)	Tempo (horas)	Mortalidade (%)
Testemunha absoluta	Água destilada	1h	0,0 a
		2h	0,0 a
		3h	0,0 a
Acetamiprido+ Piriproxifem	(0,08 g de Acetamiprido + 0,04 g de Piriproxifem)	1h	38,9 b
		2h	16,3 cd
		3h	16,5 c
Acetamiprido+ Piriproxifem	(0,12 g de Acetamiprido + 0,06 g de Piriproxifem)	1h	49,2 b
		2h	45,8 b
		3h	32,5 bd
Tiametoxam	0,3g	1h	100 e
		2h	100 e
		3h	96,9 e

*Mortalidade corrigida pela equação de Abbott (1925), médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal – Wallis (1952) ao nível de 5% de significância seguido do teste de Wilcoxon.

Em relação ao comportamento das abelhas, foi verificado que aglomeravam-se no centro das arenas, independente da dose, e alguns indivíduos demonstravam-se mais agitados, com maior atividade motora e bater de asas, mas sem conseguir escalar a parede e chegar até o teto da arena.

Levando em consideração a análise de sobrevivência pode-se observar que o inseticida Acetamiprido + Piriproxifem apresentou tempo letal mediano (TL₅₀) inferior a testemunha absoluta, mais superior ao inseticida Tiametoxam, independente do tempo de exposição após a pulverização (FIGURA 1). Acetamiprido + Piriproxifem proporcionou menor velocidade na taxa de mortalidade comparado a testemunha positiva, apresentando TL₅₀ de 85,4 horas na dose mínima e máxima nos diferentes tempos após a pulverização. Enquanto isso a testemunha positiva apresentou TL₅₀ de 3.3 horas com 1h e TL₅₀ de 6,1 horas para 2h e 3h após a pulverização.

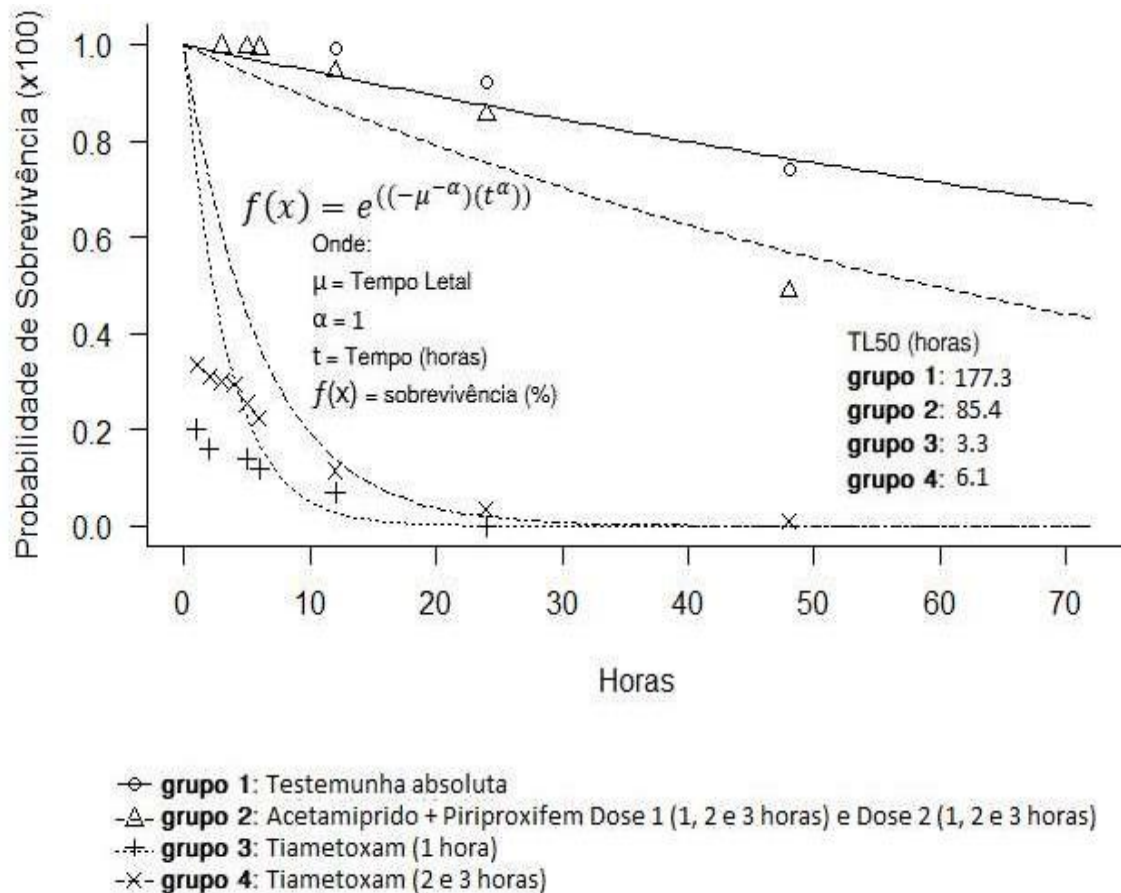


FIGURA 1: Sobrevivência (%) de operárias de *Apis mellifera* após o contato com folhas de meloeiro (*C. melo* L.) pulverizadas com inseticidas, tempos letais medianos (TL₅₀) em horas, Pombal- PB, 2022.

4.2 BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA ACETAMIPRIDO + PIRIPROXIFEM

Para avaliação da atividade de voo foram utilizadas abelhas sobreviventes da testemunha absoluta, dos tratamentos com Acetamiprido + Piriproxifem e da testemunha positiva somente abelhas que foram expostas aos resíduos em 3h após a pulverização. A porcentagem de abelhas que voaram ou caminharam subindo a torre de voo, nas doses mínima (0,08 g i.a/L⁻¹ de Acetamiprido + 0,04 g i.a/L⁻¹ de

Piriproxifem) e máxima (0,12 g i.a/L⁻¹ de Acetamiprido + 0,06 g i.a/L⁻¹ de Piriproxifem) de Acetamiprido + Piriproxifem, em todos os tempos avaliados (1h, 2h, 3h), diferiram sutilmente da testemunha absoluta, no entanto apresentaram diferença significativa da testemunha positiva. A testemunha absoluta apresentou 80% dos indivíduos com capacidade de voar ou subir caminhando, e mesmo as que não voaram, não exibiram nenhum tipo de distúrbio motor (FIGURA 2).

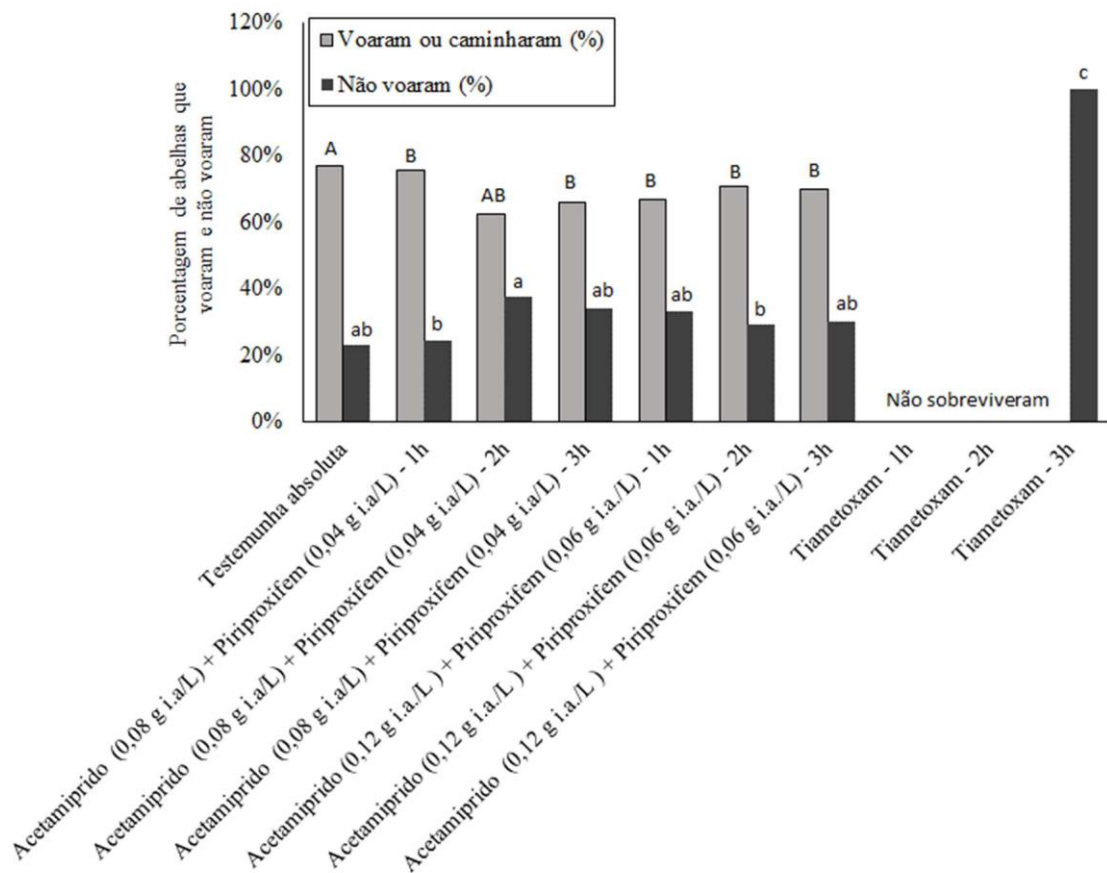


FIGURA 2: Capacidade de voo de *Apis mellifera* após exposição residual ao Acetamiprido + Piriproxifem, Pombal- PB, 2022. Os valores do percentual de abelhas que voaram (letras maiúsculas) e não voaram (letras minúsculas), foram comparados separadamente. Letras diferentes representam diferença significativa conforme o teste de Wilcoxon a 5% de significância.

Os tratamentos com Acetamiprido + Piriproxifem apresentaram resultados semelhantes entre si, não ocorrendo diferenças estatísticas significativas entre a porcentagem de indivíduos que conseguiram voar nas doses mínima e máxima, nem

entre os três intervalos de tempo avaliados (1h, 2h, 3h) em cada dose. Aproximadamente 65% a 75% dos indivíduos conseguiram voar ou caminhar após a exposição residual ao produto. Em relação aos que não voaram, observa-se por volta de 35% a 40% dos indivíduos, resultado semelhante também para testemunha absoluta. Na testemunha positiva, pode-se destacar que 100% dos indivíduos sobreviventes não conseguiram voar, encontrando-se debilitados na base da torre (apresentando tremores, prostração e paralisia).

Contudo, o inseticida Acetamiprido + Piriproxifem interferiu significativamente na altura do voo das abelhas, pois ambas as doses (mínima e máxima) nos tempos avaliados, apresentaram baixo número de indivíduos que atingiram a altura máxima, diferindo significativamente da testemunha absoluta (FIGURA 3).

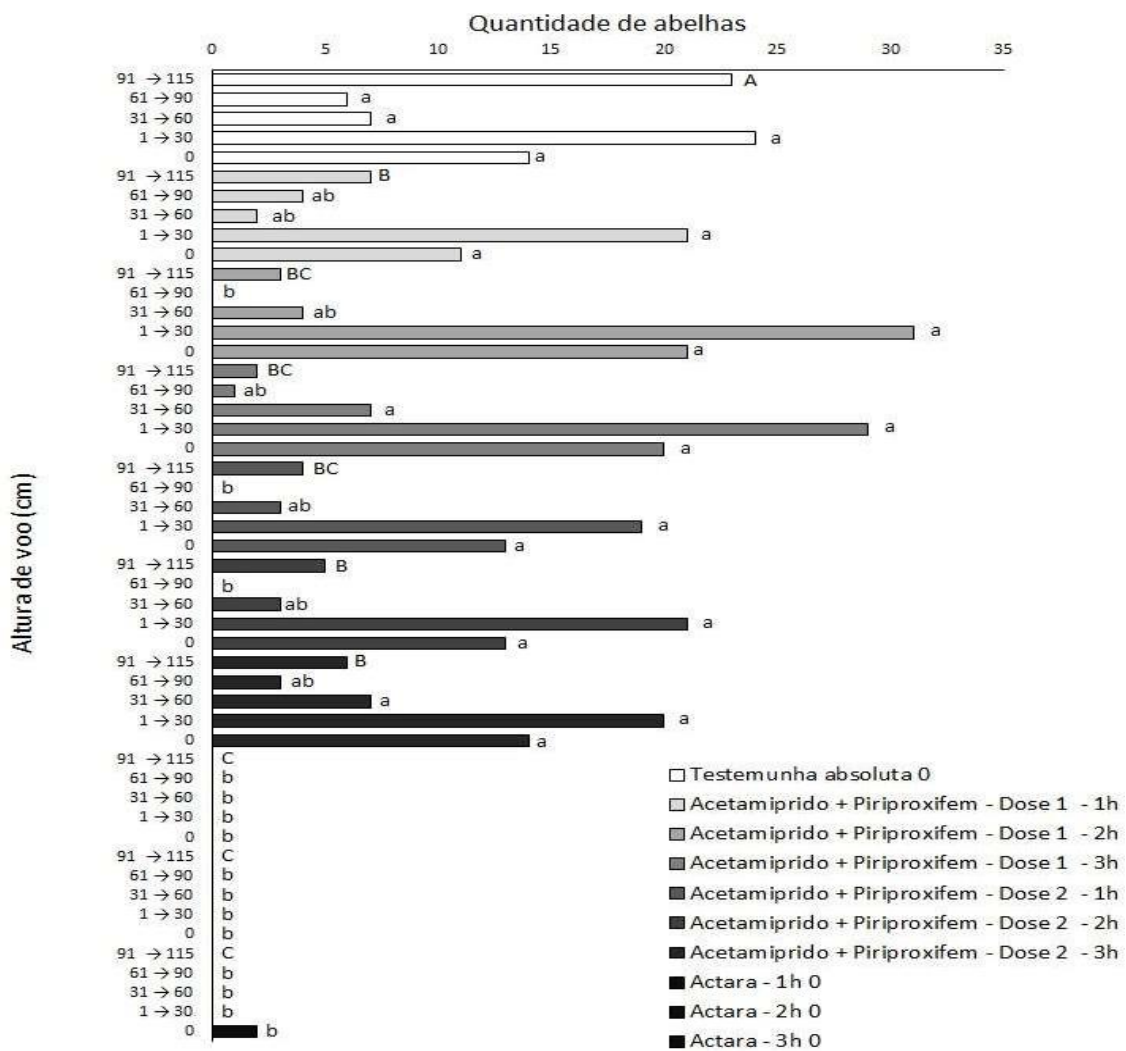


FIGURA 3: Alturas de voo de *Apis mellifera* após o contato com Acetamiprido + Piriproxifem, Pombal- PB, 2022. Os dados de cada altura de voo foram analisados separadamente. As letras

maiúsculas destacam o resultado da altura 91 a 115, letras diferentes representam diferenças significativas de acordo com o teste de Wilcoxon a 5% de significância.

Quando expostas à dose mínima (0,08 g i.a/L⁻¹ de Acetamiprido + 0,04 g i.a/L⁻¹ de Piriproxifem) apenas 7 abelhas conseguiram atingir a altura máxima (91-115cm) na torre após 1h da aplicação. Resultado semelhante também observado para os demais intervalos dessa dose com 2h e 3h após a aplicação. Enquanto que para a testemunha absoluta o número de indivíduos que atingiu a altura máxima ficou em torno de 24 abelhas. Enquanto que na dose máxima (0,12 g i.a/L⁻¹ de Acetamiprido + 0,06 g i.a/L⁻¹ de Piriproxifem) com a exposição de 1h, 2h, 3h após a pulverização, não ocorreram diferenças significativas, com número de indivíduos que atingiram a altura máxima em torno de 7 abelhas para ambos os tratamentos, resultado significativamente diferente quando comparados com a testemunha absoluta.

Para o intervalo de altura 61-90cm a exposição com 1h e 3h na dose mínima e 3h da dose máxima, não diferem da testemunha absoluta. Enquanto que os tempos 2h na dose mínima e 1h e 2h na dose máxima apresentam diferenças significativas em relação a testemunha absoluta.

No intervalo 31- 60 cm os tratamentos das doses mínima e máxima se assemelham estatisticamente entre si, como também não apresentam diferenças significativas em relação a testemunha. Nos demais intervalos (1-30cm e 0cm), nenhum dos tratamentos nas doses mencionadas anteriormente diferiram estatisticamente da testemunha absoluta, apresentando valores entre 25-30 indivíduos que atingiram altura de 1-30cm, e 15 a 20 indivíduos que não conseguiram voar e ficaram somente na base da torre.

5. DISCUSSÃO

Não há informações sobre o efeito residual do inseticida Acetamiprido + Piriproxifem, em folhas de meloeiro, sobre *A. mellifera*. Entretanto, pesquisas mostraram efeitos tóxicos desses referidos produtos sobre as abelhas quando avaliados de maneira isolada e em outras formas de exposição. Costa et al., (2014), avaliando isoladamente esses produtos, observaram que na dose máxima recomendada pelo fabricante e somente com exposição de 1 hora após a pulverização, o Acetamiprido ocasionou 60% de mortalidade e o Piriproxifem 34,7%, sendo menos letais que o inseticida Tiametoxam.

Araújo et al., (2017), avaliando a toxicidade de diferentes produtos do grupo neonicotinoide observaram efeito tóxico do acetamiprido sobre as operárias após 78 horas da ingestão da dieta contaminada, cuja principal justificativa do tempo para intoxicação, se dar pela capacidade de metabolização da molécula em diferentes partes do corpo do inseto.

Já em relação ao efeito isolado do Piriproxifem, Fourrier et al., (2015), avaliando a toxicidade desse inseticida sobre abelhas (*A. mellifera*), verificaram que após a exposição (dieta contaminada) as operárias adultas apresentaram poucos comportamentos sociais, entre eles ventilação, cuidados com a ninhada, contatos com companheiros de ninho ou estoques de alimentos. Baptista et al., (2009) observaram 16% de mortalidade de operárias adultas quando expostas a folhas de citrus pulverizadas com Piriproxifem e com o tempo letal médio de 242,26 horas.

Salienta-se ainda, que provavelmente a menor mortalidade observada em relação a testemunha positiva, seja o fato do Acetamiprido, mesmo também sendo um neonicotinoide, apresentar diferença na toxicidade em comparação com o Tiametoxam, estando esse fato associado ao grupo nitro (N- nitroguanidina) presente na molécula do tiametoxam fazendo com que seja 162 vezes mais tóxicas para as abelhas (IWASA et al., 2004). O grupo dos inseticidas neonicotinoídeos tem como mecanismo de ação o sistema nervoso central dos insetos, onde atuam como agonistas da acetilcolina, ligando-se aos sítios de ligação da enzima, interrompendo a transmissão neural no sistema nervoso, levando-o a hiperexcitação (GALLO, et al., 2002; IWASA et al., 2004; SIMON-DELSON et al., 2014). No entanto, o acetamiprido pode ser considerado menos tóxico para *A. mellifera* se comparado aos demais inseticidas do grupo. Essa diferença pode estar relacionada a capacidade de desintoxicação dessas moléculas pela atividade de enzimas presentes no citocromo P450 das células nervosas (ARAUJO et al., 2017).

O bioensaio da atividade de voo após a exposição ao Acetamiprido + Piriproxifem demonstrou os efeitos subletais moderados que o inseticida pode causar sobre o deslocamento das operárias, afetando sutilmente a atividade motora se comparado aos outros neurotóxicos. Pacifico da Silva et al. (2015), destacaram que doses subletais de inseticidas podem entre outras consequências afetar a capacidade de aprendizagem e orientação. A atividade forrageira das abelhas estaria prejudicada, e conseqüentemente a coleta de alimentos e retorno a colmeia (GOULSON, 2013). Os resultados observados possivelmente devem-se ao mecanismo de ação do

Acetamiprido, tendo em vista que a literatura não dispõe de informações conclusivas sobre os efeitos não letais do Piriproxifem sobre operárias adultas de *A. mellifera*, mas sabe-se que apresenta baixa toxicidade quando em contato via residual (BAPTISTA et al., 2009; COSTA et al., 2014).

As abelhas são as principais responsáveis pela polinização da grande maioria das espécies cultivadas (KLEIN et al., 2020). Apesar da baixa mortalidade causada pelas doses testadas, os efeitos não letais podem comprometer a atividade de forrageamento e retorno a colmeia, deixando os indivíduos contaminados vulneráveis ao ataque de predadores no campo. Desse modo o contato com agrotóxicos no campo pelo uso indiscriminado em várias culturas, como o meloeiro, tem sido associado como a principal causa do desaparecimento repentino de indivíduos das colmeias de *A. mellifera* (VAN ENGELSDORP et al., 2009).

Comprovada a importância da polinização para garantir a produção de alimentos, é essencial a conservação dos polinizadores, principalmente a espécie *A. mellifera* devido seu perfil generalista e quantidade de produção resultantes da sua atuação. Por estar sempre presente nos cultivos agrícolas, o conhecimento do mecanismo de ação dos agrotóxicos e efeitos sobre insetos benéficos contribui para a escolha do produto e momento certo para sua aplicação evitando a contaminação desses indivíduos.

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que resíduos do inseticida Acetamiprido + Piriproxifem, independente da dose e do tempo após a pulverização, causam efeitos letais e não letais nas operárias adultas de *A. mellifera* que podem colocar em risco a atividade de polinização na cultura do meloeiro. Tomando como base os primeiros resultados obtidos do efeito residual do inseticida formulado em mistura Acetamiprido + Piriproxifem sobre *A. mellifera*, é possível traçar estratégias de convívio com esses polinizadores na cultura do meloeiro. Além disso, os resultados podem contribuir para novos estudos nas mais diversas culturas de importância econômica. Vale destacar que aplicações desses produtos devem ser evitadas durante o estágio reprodutivo da cultura, e em caso de necessidades de aplicação optar pelo período do entardecer ou a noite.

6. CONCLUSÕES

Acetamiprido + Piriproxifem, nas doses mínima e máxima recomendada para uso em meloeiro, foi moderadamente tóxico para as operárias adultas de *A. mellifera* após o contato com resíduo do produto nas folhas, independente dos tempos avaliados após a pulverização.

Acetamiprido + Piriproxifem causou uma redução sutil na capacidade de voo de *A. mellifera* se comparado a testemunha positiva.

7. REFERENCIAS

ARAÚJO, W. L.; DE GODOY, M. S.; MARACAJÁ, P. B.; COELHO, W. A. C.; DE ALBUQUERQUE SILVA, B. K.; RUGAMA, A. J. M.; DE LUNA BATISTA, J. Toxicity of neonicotinoids used in melon culture towards *Apis mellifera* L. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.14, p.1204-1208, 2017.

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

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.

BAPTISTA, A.P.M.; CARVALHO, G.A.; CARVALHO, S.M.; CARVALHO, C.F.; BUENO FILHO, J.S.D.S. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, v. 39, n.4 p. 955-961, 2009.

BACAXIXI, P.; BUENO, C.; RICARDO, H. A.; EPIPHANIO, P. D.; SILVA, D., BARROS, B.; LIMA, F. A importância da apicultura no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 10, n.20, 2011.

BRAGA SOBRINHO, R.; DIAS, N. D. S.; MESQUITA, A. L. M.; MOTA, M.; ARAÚJO, K. L. B. Técnica de criação da mosca-mineradora do meloeiro. **Embrapa**, comunicado técnico 177, 2011.

CASTILHOS, D.; BERGAMO, G.C; GRAMACHO, K.P; GONÇALVES, L.S. Perdas de colônias de abelhas no Brasil: uma pesquisa online de 5 anos. **Apidologie**, v. 50, n. 3, p. 263-272, 2019a.

CASTILHOS, D.; DOMBROSKI, J.L; BERGAMO, G.C.; GRAMACHO, K.P.; GONÇALVES, L.S. Neonicotinóides e concentrações de fipronil em abelhas associadas ao uso de agrotóxicos em áreas agrícolas brasileiras. **Apidologie**, 50 n. v.5, p. 657-668, 2019b.

COSTA, E.M.; ARAUJO, E.L.; MAIA, A.V.P.; 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.

- DOS REIS, V. D. A.; PINHEIRO, R. S. Fundamentos para o desenvolvimento seguro da apicultura com abelhas africanizadas. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.
- FOURRIER, J.; DESCHAMPS, M.; DROIN, L.; ALAUX, C.; FORTINI, D.; BESLAY, D.; DECOURTYE, A. A exposição larval ao análogo do hormônio juvenil piriproxifeno interrompe a aceitação e o desempenho do comportamento social em abelhas adultas. **PLoS um**, v.10, n.7, p. 1-16 2015.
- GALLO, D. O.; NAKANO, O.; SILVERA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. Entomologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 2002. 920p.
- GRAVENA, S., GRAVENA, R., SILVA, J. L., DA SILVA, M. T., BENVENGA, S. R., AMORIM, L. C. D. S., & DO HORTO, L. R. Efeito fisiológico do inseticida pyriproxifen no controle do psilídeo dos citros em laranjeira doce. **Citrus Research & Technology**, v.31 n.2, p.145-154, 2010.
- GUIMARÃES, J. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; AZEVEDO, F. R.; ARAÚJO, E. L.; TERÃO, D.; MESQUITA, A. L. M. Manejo integrado de pragas do meloeiro, In: BRAGA SOBRINHO, R., GUIMARÃES, JA, FREITAS, JAD, TERÃO, D. Produção Integrada de Melão. **EMBRAPA Agroindústria Tropical**, p. 183–199, 2008.
- GIANNINI, T.C; CORDEIRO, G.D; FREITAS, B.M, SARAIVA, A.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. A dependência das culturas para os polinizadores e o valor econômico da polinização no Brasil. **Journal of economic entomology**, v.108, n.3, p.849-857, 2015.
- GOULSON, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 4, p. 977-987, 2013.
- GOMES, I.N; CASTELAN VIEIRA K. I.; GONTIJO, L. M.; RESENDE, H. C. Honeybee survival and flight capacity are compromised by insecticides used for controlling melon pests in Brazil. **Researchgates**, dez. 2019.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., GONÇALVES, L. S., FRANCOY, T. M., NUNES-SILVA, P. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. **Embrapa Semi-Árido**. DOC 249, p.210-233, 2012.
- IWASA, T., MOTOYAMA, N., AMBROSE, J.T, ROE, R.M. Mecanismo para a toxicidade diferencial de inseticidas neonicotinóides na abelha *Apis mellifera*. **Proteção de Cultivos**, v. 23, p. 371-378, 2004.
- KIILL, L.H. P.; RIBEIRO, M. D. F.; DE SIQUEIRA, K. M. M., SILVA, E. Polinização do meloeiro: biologia reprodutiva e manejo de polinizadores. **Embrapa Semiárido-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2015.
- KLEIN, A.M; FREITAS, B.M; BOMFIN, I.G.A; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M.O., A polinização agrícola por insetos no Brasil. Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. **University Freiburg, Nature Conservation and Landscape Ecology**, 162. p, 2020.

MORAIS, M. M.; JONG, D.; MESSAGE, D.; GONÇALVES, L. S.; Perspectivas e Desafios para o Uso das Abelhas *Apis mellifera* como Polinizadores no Brasil. In IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D. A.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo, **Edusp**, p.203-213, 2012.

PACÍFICO-DA-SILVA, I.; MELO, M. M.; BLANCO, B. S. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. **Revista brasileira de higiene e sanidade animal**, v. 10, n. 1, p. 142-157, 2016.

PAULA NETO, F. L.; ALMEIDA NETO, R. M.; Apicultura nordestina: principais mercados, riscos e oportunidades. **Banco do Nordeste do Brasil**, 2006.

PEGORARO, A.; FERRAZ, M. M.; PFAW, E.; MOURA, M. E. K.; NUNES, T. D. M.; NIENOW, V. V.; POLAK, L.; BORIO, C. L.; KRUGER, E.; TEIXEIRA, R. A.; DE LIMA, M. A. O.; DA COSTA, D.C.P. B.; MARTINS, W.J.; MERCER, A. S.; BORSSATTI, F. Aspectos práticos e técnicos da apicultura no Sul do Brasil, Curitiba 2017.

PIRES, C. S. S., PEREIRA, F. D. M., LOPES, M. T. D. R., NOCELLI, R. C. F., MALASPINA, O., PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, É. 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

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N.C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 6, n. 10, p. 1-21, 2007.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. 2011. Disponível em:< <http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SIMON-DELISO, N.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L.P.; BONMATIN, J.M; CHAGNON, M.; DOWNS, C.; WIEMERS, M. Inseticidas sistêmicos (neonicotinoides e fipronil): tendências, usos, modo de ação e metabólitos. **Ciência Ambiental e Pesquisa de Poluição**, v.22, n 1, p.5-34, 2014.

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

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; DE CALDAS PINTO, M.S. As abelhas como agentes polinizadores. **REDVET. Revista electrónica de Veterinária**, v. 8, n. 3, p. 1-7, 2007.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; ANDRADE, A. B. A.; MEDEIROS, A. C.; MARACAJÁ, P. B. Densidade de colméias com abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para polinização da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) no estado do Ceará-Brasil. **ACTA Apicola Brasilica**.v.1, n.1, p. 9-12, 2013.

TOSI, S; BURGIO, G.; NIEH, J. C. Um pesticida neonicotinóide comum, o tiametoxam, prejudica a capacidade de vôo das abelhas. **Relatórios científicos**, v. 7, n. 1, pág. 1-8, 2017.

THERNEAU, T.; LUMLEY, T. survival: Survival analysis, including penalised likelihood. Rpackageversion2.362,2010.Disponível em :<http://CRAN.Rproject.org/package=survival>. .

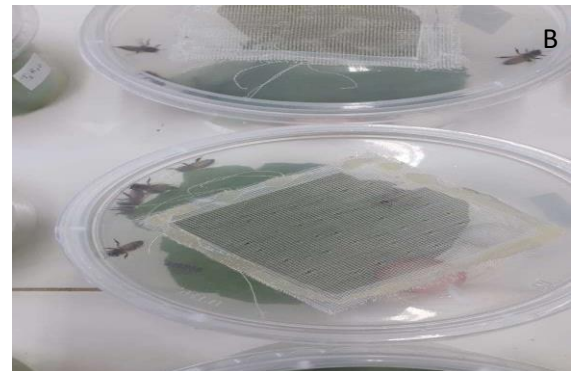
VAN ENGELSDORP, D.; EVANS, J.D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B.K.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D.; CHEN, Y.; UNDERWOOD, R.; TARPY, D.R.; PETTIS, J.S. Colony collapse disorder: a descriptive study. **Plos One**, v.4, e6481, 2009.

APÊNDICE 1 : Produção das mudas de melão (*Cucumis melo* L.) para a análise da toxicidade residual de acetamiprido+ piriproxifem sobre *Apis mellifera*. Semeio das mudas em bandeja (A, B); Transplântio das mudas para vaso (C, D, E, F); Desenvolvimento pós-transplante (G, H); Meloeiro com 6 folhas desenvolvidas (I).





APÊNDICE 2: Análise da toxicidade residual de acetamiprido+ piriproxifem sobre *Apis mellifera* Distribuição das arenas utilizadas para análise da toxicidade (A); Abelhas nas arenas em contato com folhas de meloeiro pulverizadas (B e C).



APÊNDICE 3: Análise da capacidade de voo das abelhas.

