



**AURÉLIO DE SOUZA PEREIRA**

**TOXICIDADE DE INSETICIDAS PARA ABELHAS NATIVAS  
BRASILEIRAS**

**LAVRAS – MG  
2023**

**AURÉLIO DE SOUZA PEREIRA**

**TOXICIDADE DE INSETICIDAS PARA ABELHAS NATIVAS  
BRASILEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).**

Pereira, Aurélio de Souza.

Toxicidade de inseticidas sobre abelhas nativas brasileiras /  
Aurélio de Souza Pereira. - 2023.  
54 p.: il.

Orientador (a): Stephan Malfitano Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade  
Federal de Lavras, 2023.  
Bibliografia.

1. Meliponini. 2. Ecotoxicologia. 3. Pesticidas. I. Carvalho,  
Stephan Malfitano. II. Título.

**AURÉLIO DE SOUZA PEREIRA**

**TOXICIDADE DE INSETICIDAS PARA ABELHAS NATIVAS BRASILEIRAS  
TOXICITY OF INSECTICIDES FOR BRAZILIAN NATIVE BEES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 19 de janeiro de 2023.  
Dr. Stephan Malfitano Carvalho UFLA  
Dra. Ana Isabel Sobreiro  
Dr. Jander Rodrigues Souza UFLA

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-graduação em Entomologia (PPGEN) e ao Departamento de Entomologia (DEN) pela oportunidade de trabalho.

Ao orientador e professor Dr. Stephan Malfitano Carvalho por todos os ensinamentos e conhecimentos compartilhados, por toda a ajuda neste trabalho e pelos conselhos e conversas que carregarei comigo para o resto da vida.

À técnica do Laboratório de Estudos em Abelhas Andrea de Fatima Torres Soares pelas horas de conversa e por sempre estar disposta a me ajudar e orientar.

À minha mãe Esposalina de Souza Pereira por estar lutando contra um câncer e mesmo assim me fornecendo todo o apoio possível em todos os sentidos, sem você nada disso seria possível.

Ao meu pai José Aurélio Pereira por ser inspiração como ser humano e estar sempre ao meu lado independente da situação.

Aos meus familiares, irmã, primos (as), tios (as) por toda alegria e momentos bons que me proporcionaram durante este tempo.

A toda a minha turma do Mestrado em Entomologia 2021/23 pelo companheirismo, horas de estudo, conversas, caronas, resenhas e todo o apoio.

Ao Núcleo de Estudos em Abelhas (NEBEE) pelas oportunidades concedidas e pelo conhecimento compartilhado.

A todos os professores, orientadores, amigos, companheiros de república e todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que eu conseguisse executar este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

## RESUMO

A presença de xenobióticos no ambiente representa um grande risco para diversas espécies de organismos benéficos e, em se tratando do Brasil, verifica-se uma diversidade imensa quando falamos em abelhas. Dentre os inseticidas empregados no controle de diversos insetos-praga, encontram-se moléculas dos grupos organofosforado (dimetoato), neonicotinoide (tiametoxam), piretroide (deltametrina) e fenilpirazol (fipronil), produtos neurotóxicos e de amplo uso na agricultura, como nas lavouras de algodão e maçã. Com relação às espécies de abelhas, podemos destacar o maior grupo de espécies das abelhas nativas brasileiras, a tribo Meliponini, fundamentais na polinização de angiospermas nativas e no desenvolvimento da meliponicultura, atividade responsável pelo manejo dessas espécies. Destacando-se as espécies *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona xanthotricha* e *Frieseomelitta varia*, presentes no meliponário da Universidade Federal de Lavras, este estudo comparativo teve por objetivo realizar a exposição destas três espécies de abelhas aos inseticidas deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam em condições de laboratório. Os resultados obtidos de dose letal 50 (DL<sub>50</sub>) demonstram a existência de resposta diferenciada frente à intoxicação com as mesmas moléculas estudadas com a espécie de abelha *Apis mellifera*, justificando a necessidade de estudos mais aprofundados com esse grupo de insetos nativos, visando o desenvolvimento de protocolos de proteção.

**Palavra-chave:** Meliponini. Ecotoxicologia. Pesticidas.

## ABSTRACT

The presence of xenobiotics in the environment represents a great risk for several species of beneficial organisms and, when it comes to Brazil, there is an immense diversity when we talk about bees. Among the insecticides used to control various insect pests, there are molecules from the organophosphate groups (dimethoate), neonicotinoid (thiamethoxam), pyrethroid (deltamethrin) and phenylpyrazole (fipronil), neurotoxic products widely used in agriculture, such as crops of cotton and apple. With regard to bee species, we can highlight the largest group of native Brazilian bee species, the Meliponini tribe, fundamental in the pollination of native angiosperms and in the development of meliponiculture, the activity responsible for managing these species. Highlighting the species *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona xanthotricha* and *Frieseomelitta varia*, present in the meliponary of the Federal University of Lavras. This comparative study aimed to carry out the exposure of these three species of bees to the insecticides deltamethrin, dimethoate, fipronil and thiamethoxam in laboratory conditions. The results obtained at a lethal dose of 50 (LD<sub>50</sub>) demonstrate the existence of a differentiated response to intoxication with the same molecules studied with the *Apis mellifera* bee species, justifying the need for further studies with this group of native insects, aiming the development of protocols protection.

**Keywords:** Meliponini. Ecotoxicology. Pesticides.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Frieseomellita varia</i> : Entrada do ninho; Abelha jovem; Imagem de abelhas marmeladas em um microscópio .....	15
Figura 2 – <i>Scaptotrigona xanthotricha</i> : Entrada do ninho; Imagem de um indivíduo da abelha Mandaguari-amarela em um microscópio .....	16
Figura 3 – <i>Tetragonisca angustula</i> : Indivíduos da abelha Jataí; Entrada do ninho .....	17
Figura 4 – Piretróide: Estrutura química da deltametrina .....	18
Figura 5 – Organofosforado: Estrutura química do dimetoato .....	19
Figura 6 – Fenilpirazol: Estrutura química do fipronil .....	21
Figura 7 – Neonicotinóide: Estrutura química do Thiametoxam .....	22
Figura 8 – Meliponário da UFLA .....	24
Figura 9 – Material e coleta das abelhas .....	25
Figura 10 – Microseringa .....	27
Figura 11 – Gaiolas com abelhas dentro da incubadora BOD .....	27



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Toxicidade aguda dos inseticidas para a espécie <i>Frieseomellita varia</i> .....	30
Tabela 2 – Toxicidade aguda dos inseticidas para a espécie <i>Scaptotrigona xanthotricha</i> .....	32
Tabela 3 – Toxicidade aguda dos inseticidas para a espécie <i>Tetragonisca angustula</i> .....	34

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	13
2.1	Ecotoxicologia e as abelhas.....	13
2.2	<i>Frieseomellita varia</i> (Lepeletier, 1836).....	14
2.3	<i>Scaptotrigona xanthotricha</i> (Moure 1950).....	15
2.5	Produtos fitossanitários .....	17
2.5.1.	Deltametrina.....	17
2.6	Dimetoato .....	19
2.7	Fipronil .....	20
2.8	Tiametoxam.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1	Área de estudo .....	24
3.2	Reagentes.....	24
3.3	Obtenção das abelhas.....	24
3.4	Ensaio de intoxicação por aplicação tópica.....	25
3.5	Análise dos dados .....	27
4	RESULTADOS .....	29
4.1	<i>Frieseomelitta varia</i> .....	29
4.2	<i>Scaptotrigona xanthotricha</i> .....	31
4.3	<i>Tetragonisca Angustula</i> .....	33
5	DISCUSSÃO.....	35
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
	REFERÊNCIAS .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

As abelhas são insetos pertencentes à ordem Hymenoptera e dentre todas as espécies, destaca-se a *Apis mellifera* (LINNEAUS, 1758) (Hymenoptera: Apidae), por estar presente e ser criada em quase todos os ambientes da Terra, sendo ainda amplamente criada para fins comerciais através dos produtos apícolas (TANG et al., 2019). No entanto, existem mais de 20 mil espécies de abelhas espalhadas pelos continentes, onde essas espécies são divididas em famílias de acordo com características semelhantes e maior ou menor proximidade evolutiva. O Brasil possui cerca de 1.678 espécies conhecidas, a grande maioria presente nestas cinco famílias: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae, sendo a família Apidae a única composta somente por espécies sociais (SILVEIRA et al., 2002; MICHENER, 2007).

Na escala evolutiva das espécies, acredita-se que as abelhas surgiram há 30 milhões de anos devido a sua ligação com as plantas angiospermas (plantas com flores), exercendo o importante papel no serviço ecossistêmico chamado polinização (MATIOLI, 2017). No processo de busca por recursos, as abelhas visitam inúmeras flores para suprir suas necessidades, assim no processo de coleta de fontes de carboidratos e proteínas presentes no néctar e no pólen, as abelhas realizam a polinização, no qual as abelhas e as plantas se beneficiam, uma relação que chamamos de mutualismo. A eficiência destes insetos na polinização está na importância de adaptações corporais adquiridas evolutivamente durante a relação das abelhas com as angiospermas, como a presença de cerdas plumosas, e da corbícula, que são estruturas utilizadas no transporte do pólen localizadas na tíbia do terceiro par de pernas da família Apidae. Além disso, adaptações fisiológicas (metabolismo) e comportamentais (sincronização com eventos florais e memória temporal) otimizam a localização e a exploração dos recursos florais (MICHENER, 2007).

A polinização, além de aumentar a variabilidade genética dos vegetais e a perpetuação dessas espécies, é capaz de gerar uma melhoria tanto para semente quanto para os frutos (RICKETTS et al., 2008). Segundo Vasques (2023) cerca de 70% das espécies de plantas que o homem utiliza para o seu consumo apresentam um aumento da produção em consequência da polinização, devido não só à transferência do pólen, como também o aumento da quantidade total de pólen depositado no estigma das flores. Dentre todos os polinizadores (morcegos, besouros, pássaros e etc) na grande maioria dos ecossistemas mundiais, as abelhas são consideradas as maiores polinizadoras em quantidade e com a maior eficiência (OLLERTON, 2017).

Existem diversos trabalhos evidenciando o ganho da polinização realizada por abelhas Giocondo (2021), a pesquisadora Martins et al (2020) demonstrou que na cultura do cajueiro houve uma boa produção de castanha e pedúnculo quando se tinha maiores populações de *A. mellifera*. Outro estudo, em campos de produção de sementes de cebola Witter e Blochtein (2003) demonstraram que houve um aumento da produção com a presença das espécies *Mourella caerulea* (FRIESE, 1900) (Hymenoptera: Apidae) e *Bombus* (Latreille, 1802). Silveira et al (2021) comprovou que a polinização feita por abelhas em girassol gerou aumento significativo na produtividade de grãos, aumento no teor de óleo em aquênios do girassol e também uma maior uniformidade de sementes. Chiari et al (2008) relatou um aumento de 41,39% na produção média da soja em áreas com polinização por abelhas em relação à uma área coberta por gaiolas sem o acontecimento da polinização gerada pelo inseto. Martins et al (2014) determinou que a presença de abelhas *Xylocopa* (Latreille, 1802) (Hymenoptera: Apidae) causou um aumento na porcentagem de frutos vingados por planta e de frutos perfeitos na colheita de duas espécies de maracujá. Malerbo-Souza & Ribeiro (2010) mostrou que com a presença da abelha *Melipona quadrifasciata* (LEPELETIER, 1836) (Hymenoptera: Apidae) em cultivo protegido, obteve um resultado de frutos de pimentão mais pesados, maiores em comprimento e que continham uma maior massa de sementes. Malerbo-Souza e Halak (2012) observaram que em áreas de café, a parcela com visitação das abelhas apresentou um maior número de grãos e que com a ausência desses insetos ocorreu uma diminuição de 55,25% na produção dos grãos. Normalmente, os frutos resultantes de flores polinizadas por abelhas produzem mais sementes, possuem um melhor formato, agregam um maior valor nutritivo, melhoram a qualidade do sabor e aumentam a sua durabilidade (BOMMARCO et al. 2012; KLATT, et al. 2013; JUNQUEIRA, AUGUSTO 2017).

Além dos benefícios no incremento dos serviços de polinização, as abelhas apresentam produtos e subprodutos bastante valorizados economicamente, tais como, mel, pólen, cera, geleia real e a própolis. O mel traz diversos benefícios ao homem não somente como alimento energético, mas, também, como remédio natural. Em virtude de seu valor nutricional, propriedades funcionais, fisiológicas, farmacológicas e atividades biológicas, os benefícios são vistos em atividades anti-inflamatórias, cicatrizantes, antibacterianas, antioxidantes, antidiabéticas, cardioprotetoras, gastroprotetoras e antitumorais. Bem como a utilização dos demais produtos da colmeia nas indústrias farmacológicas, farmacêutica e de cosméticos (COSTA et al., 2020, CABRAL, 2021). A cadeia apícola no Brasil engloba por volta de um

milhão de pessoas, sendo por muitas vezes a única fonte de renda da família (PIRES, et al., 2020).

Contudo, nos últimos anos têm-se notado um declínio global na população de abelhas (BATTISTI, 2022; MAHMOOD, 2023; PEÑA-CHORA, 2023). Os Estados Unidos relataram que a partir de 2006 houve uma perda anual de 50% de colônias de *A. mellifera* (LEE et al., 2015; KULHANEK, et al., 2016; SEITZ, et al., 2016). Esta perda de colônias ficou conhecida como Colony Collapse Disorder (CCD – Distúrbio do Colapso das Colônias) e acredita-se que a causa deste declínio seja a interação de diversos fatores, como: a conversão de terras em áreas urbanas e agrícolas fragmentando o habitat, destruição de áreas nativas por queimadas e desmatamento; mudanças climáticas, inserção de espécies exóticas, ação de parasitoides e patógenos, má nutrição e utilização inadequada de práticas de cultivo; sendo este último fator estritamente interligado ao uso indiscriminado dos produtos fitossanitários (i.a.) (STAVELEY et al., 2013).

Os produtos fitossanitários começaram a surgir na década de 1950 como tecnologia no processo de modernização e desenvolvimento da agricultura (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003). Segundo o IBAMA, em 2021, o Brasil produziu 614.362 toneladas, importou 497.658 toneladas, exportou 11.689 toneladas e vendeu internamente 995.082 toneladas de produtos técnicos e formulados. Dentre os principais tipos de produtos fitossanitários utilizados, os mais consumidos são os herbicidas, seguidos dos inseticidas, fungicidas e acaricidas. Segundo Lozowicka (2013) grande parte dos produtos fitossanitários são prejudiciais as abelhas, porém os inseticidas são os mais prováveis de causar a morte do inseto.

No Brasil existe a Lei nº 7.802/1989 (regulamentada pelo Decreto nº 4.074/2002), que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a comercialização, a utilização, destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a fiscalização de agrotóxicos, entre outros, precisam obrigatoriamente obter um registro da formulação conhecida para cumprir as exigências da regulamentação de três órgãos públicos: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (VIPIEVSK et al., 2022).

De acordo com o Art. 39 da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 294, de 29 de julho de 2019, os produtos fitossanitários recebem uma classificação de toxicidade ambiental pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em

função da sua toxicidade, em: Categoria I, produto altamente perigoso ao meio ambiente t; Categoria II, produto muito perigoso ao meio ambiente; Categoria III, produto perigoso ao meio ambiente; Categoria IV, produto pouco perigoso ao meio ambiente (BRASIL, 2022).

As abelhas campeiras são as responsáveis pela coleta de alimento e materiais para a sua colônia, com essa ação de forragear, elas entram em contato com todos os compartimentos do ambiente (solo, água, vegetação e o ar), sendo expostas a agentes com potencial efeito nocivo aos indivíduos e a colônia, além dos efeitos ambientais que podem acarretar impactos adversos (CHAM et al., 2020). Abelhas não são o alvo direto dos produtos fitossanitários, mas direta ou indiretamente são passíveis de exposição, seja por partículas suspensas aplicadas em lavouras na agricultura, ingestão de pólen ou néctar contaminados por produtos sistêmicos ou pelo contato com resíduos depositados nas folhas e flores (JOHNSON, et al., 2010; NAGGAR et al., 2015; AZPIAZU et al., 2019; CHAM et al., 2020).

Aproximadamente 90% dos inseticidas são neurotóxicos com ação na transmissão do impulso nervoso, causando danos ao sistema nervoso central do inseto. No meio acadêmico, trabalhos demonstram a evolução da pesquisa do impacto dos pesticidas sobre abelhas (MORAES et al., 2000; PETTIS et al., 2004; FREITAS et al., 2010; HENRY et al., 2012; HOPWOOD et al., 2012; LOURENÇO et al., 2012; CATAE et al., 2014; HOLDER et al., 2018; ZHAO et al., 2022). A maioria dos estudos de toxicidade estão relacionados ao adulto da abelha *A. mellifera* como modelo em experimentos, contudo essa toxicidade pode ser diferente para larva, pupa e também para outras espécies de abelhas (ALSTON et al., 2007).

Devido a diversos estudos, percebe-se que são vários os efeitos dos inseticidas sobre as abelhas, e que cada espécie responde de uma forma em relação aos diversos produtos fitossanitários. Portanto se faz necessário estudos dos possíveis impactos dos produtos fitossanitários em organismo não alvo, em especial as abelhas desse grupo de abelhas nativas do Brasil, devido a notabilidade destes insetos para a biodiversidade e segurança alimentar. A realização de estudos é deveras importante afim de obter embasamento que permitam adotar medidas mitigadoras que permitirá a adoção do uso de produtos fitossanitários e a existência de polinizadores no ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### *Ecotoxicologia e as abelhas*

Com o aumento da demanda em produção de alimentos, conseqüentemente ocorreu uma busca por maior produção de alimentos, e com isso, o emprego de somente uma única espécie vegetal em larga escala no campo (monocultura). Este evento foi um dos motivos que amplificaram o surgimento e o aumento de doenças e pragas nas lavouras, estas causam a redução da qualidade e da produtividade dos alimentos, tornando assim a agricultura cada vez mais dependente do uso de produtos fitossanitários (ZHAO et al., 2022). Estes agroquímicos atuam com o objetivo de proteger as plantas contra a ação dos insetos, plantas daninhas e doenças. No entanto, quando dispersados no meio ambiente possuem o potencial de contaminação, da água (rios, lagos, mares, lençol freático) (PEREIRA et al., 2022), do solo (emoyan et al., 2021), da atmosfera (SU et al., 2022), de humanos (LOPES-FERREIRA et al., 2022) e de outros animais (SANCHEZ-BAYO; GOKA, 2016; BISWAS et al., 2022; SANTANA et al., 2022). A disseminação destes produtos gera sérios problemas, causando mudanças em todo o ecossistema (RUMSCHLAG et al., 2021; RICO et al., 2022).

Apicultura e meliponicultura são duas atividades que dependem das plantas nativas ou cultivadas para obtenção de recursos (néctar, pólen e resinas), posto isto, estes insetos polinizadores possivelmente são expostos aos produtos fitossanitários, e por consequência contaminar os seus produtos (CERVEIRA et al., 2017). Por conseguinte, acredita-se que estes produtos precisam de uma regulamentação de seu uso e um registro destes compostos para a proteção da saúde humana, animal e do meio ambiente (AGUIAR et al, 2019). Estes produtos estão sendo retratados como uma das principais causas da mortalidade de abelhas, por consequência, são preditores do declínio populacional destes insetos diminuindo os serviços de polinização (POTTS, et al., 2010; JACOB et al., 2015). Segundo Tomé et al. (2012) em países como França e Itália, estudos ecotoxicológicos com abelhas são mais frequentes do que em outros países devido a união de produtores/apicultores e da população, causando inclusive a proibição de alguns produtos fitossanitários, porém no Brasil estes produtos ainda são utilizados em extensas áreas da agricultura.

A interação dos inseticidas neurotóxicos com as abelhas pode gerar efeito letal, e subletais, como: ocasionar a morte por hiperexcitação ou paralização de atividades (HASSANI et al., 2005), efeito depressivo no sistema imunológico (ROCHA; ALENCAR, 2012), redução da fertilidade e longevidade das rainhas (DESNEUAX et al., 2012), disfunção das células do

miocárdio (PAPAEFTHIMIOU; THEOPHILIDIS, 2001), alterações morfológicas nas glândulas hipofaríngeas (ZALUSKI et al., 2017; BERENBAUM; LIAO, 2019), desorientação e diminuição da atividade de forrageamento (DECOURTYE et al., 2004), restrição da comunicação e da interação (BOFF et al., 2018), alterações na expressão gênica (WU et al., 2017), redução na absorção de alimentos e redução no número de larvas (SANDROCK et al., 2014), alterações mitocondriais e alterações no suprimento de oxigênio (CATAE et al., 2014), redução da taxa de sobrevivência das larvas e diminuição do tamanho cerebral (TOMÉ et al., 2012), mudanças comportamentais e fisiológicas no indivíduo (HOPWOOD et al., 2012), comprometendo assim a sobrevivência da colônia.

De acordo com Cham et al. (2020), para avaliar a toxicidade de substâncias às abelhas, existe um método clássico que é o da determinação da  $DL_{50}$  (dose letal média capaz de matar 50% de uma população). A curva dose-resposta gerada a partir da  $DL_{50}$  irá demonstrar o quanto o aumento de cada dosagem da substância tem como resposta o aumento da mortalidade amostrada, sendo a abelha *A. mellifera* a espécie padrão utilizada nestes testes. Métodos oficiais foram desenvolvidos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) como: honeybees larval Toxicity test single exposure (test guideline n° 237), Honeybees acute contact Toxicity test (n° 214) e Honeybees acute oral Toxicity test (n°213) (BAAS et al., 2022).

Durante a execução destes testes, os produtos fitossanitários podem ser aplicados em duas vias: tópica ou oral. A mortalidade é registrada em diversos momentos, como em: 24h, 48h, 72h e no máximo em 96h sob certas condições específicas (Bart et al., 2021). Na literatura encontra-se diversos trabalhos com valores de  $DL_{50}$  diferentes para uma mesma molécula, diferença está atribuída a fatores que influenciam os testes como variações climáticas locais, variabilidade genética das populações de abelhas e manipulação do pesquisador (JAGER et al., 2006).

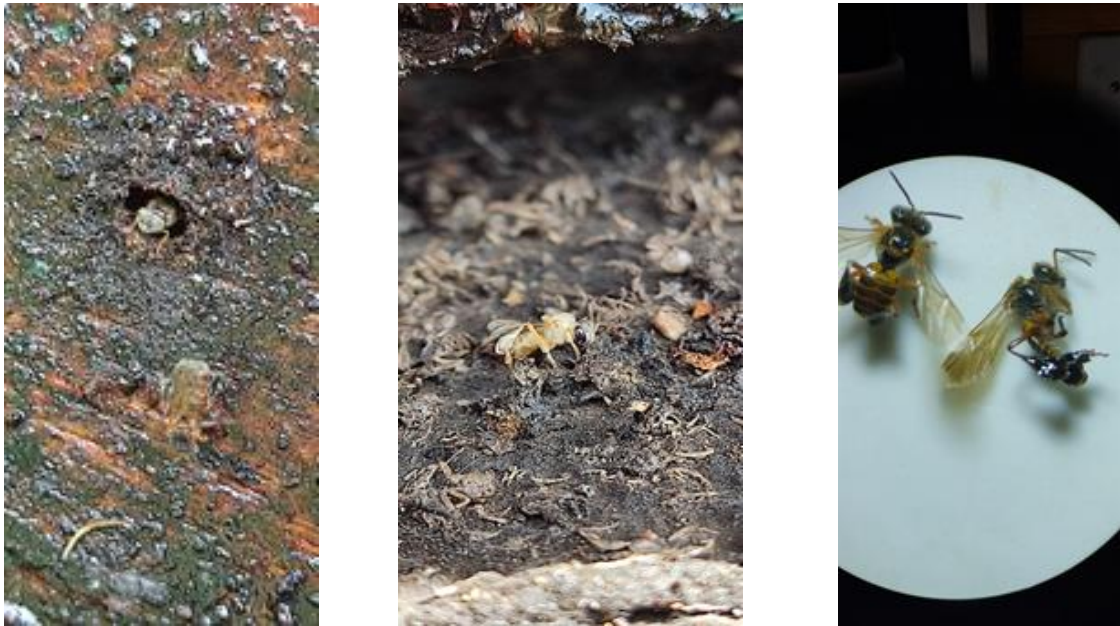
### ***Frieseomellita varia* (Lepelletier, 1836)**

Pertencente a tribo *Meliponini*, a espécie *Frieseomellita varia* (LEPELETIER, 1836) (Hymenoptera: Apidae) é uma abelha nativa com diversos nomes comuns, como marmelada, marmelada-amarela, manoel-de-abreu, moça-branca. São encontradas nos estados do Ceará, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Paraíba, São Paulo e Tocantins (CAMARGO; PEDRO, 2022).



As abelhas dessa espécie possuem cerca de 6mm de comprimento com coloração predominantemente amarelada e tíbias traseiras alongadas de cor preta. A entrada do seu ninho é pequena e toda sua colmeia é coberta por própolis. As abelhas mais jovens que não voam possuem o abdômen esbranquiçado, por isso o nome comum moça-branca (COSTA et al., 2019). Foi a segunda abelha sem ferrão a ter todo o seu código genético sequenciado (FREITAS et al., 2020) (Figura 1).

**Figura 1 - Abelhas da espécie *Frieseomellita varia***



**Fonte:** Do autor (2022).

### ***Scaptotrigona xanthotricha* (Moure 1950)**

Assim como a abelha marmelada, a espécie *Scaptotrigona xanthotricha* (MOURE, 1950) (Hymenoptera: Apidae) pertence a tribo *Meliponini* e possui diversos nomes comuns, como trompeta, mandaguari amarela, tujumirim, mandaguari e abelha-fedente. Se encontra presente nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (CAMARGO; PEDRO, 2022). São abelhas com cerca de 6-7mm, de coloração amarela com castanho, bem defensivas e possuem colônias muito populosas. A entrada do seu ninho é em formato de uma corneta feita com um cerume mais claro quando novo, e ao envelhecer torna-se acinzentado. Ao atacar, abelhas dessa espécie liberam um odor característico de coco bem característico do gênero *Scaptotrigona* (COSTA et al., 2019). Esta espécie é muito utilizada por meliponicultores na Amazônia tanto por sua produção de mel quanto a fim de se utilizar seu serviço ecossistêmico (NODA et al., 2013).

Ferreira et al. (2020) encontrou uma  $DL_{50}$  de 0,70mg/mL para o inseticida Abamectin e uma  $DL_{50}$  de 0,49 mg/mL para o inseticida Acetamiprid em *S. xanthotricha*, nos demais testes estes inseticidas causaram uma redução, da probabilidade de sobrevivência das abelhas, da sua capacidade de locomoção e das respostas de extensão da probóscide. Quiroga-Murcia et al. (2017) encontrou uma  $DL_{50}$  de 27,78ng/abelha do inseticida tiametoxam e uma  $DL_{50}$  de 1,124ng/abelha do inseticida Firpronil, ambos por via tópica.

**Figura 2 - Abelhas da espécie *Scaptotrigona xanthotricha***



**Fonte:** Do autor (2022)

### **2.1 *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811)**

A espécie *Tetragonisca angustula* (LATREILLE, 1811) (Hymenoptera: Apidae), é aquela mais conhecida popularmente, tendo como nomes comuns: abelhas-ouro, jatai-verdadeira, jatai, maria-seca, mosquitinha-verdadeira, angelitas, virgencitas. Estão amplamente distribuídas por todo o Brasil e países da América Latina como Colômbia, Costa Rica, Equador, Guatemala, México, Nicarágua e Peru (CAMARGO; PEDRO, 2022). Esta ampla distribuição geográfica ocorreu devido a sua alta capacidade de adaptação, por serem uma espécie de hábitos generalistas e nidificarem em diversos substratos, inclusive ambientes urbanos (BRAGA et al., 2012).

A entrada da sua colônia é formada por um tubo de cerume, as operárias medem em torno de 4 mm com coloração predominante amarela e castanho escuro (COSTA et al., 2019). Esta espécie possui registro de contribuição em polinização nas culturas agrícolas como a do

morango (ANTUNES et al., 2007), pimenta e cenoura (NASCIMENTO et al., 2012) e também de plantas ornamentais (SLAA et al., 2000).

Em relação a trabalhos ecotoxicológicos com a espécie, Moreno et al., (2017) encontrou uma  $DL_{50}$  maior em insetos-praga do que no polinizador *T. angustula* utilizando inseticidas piretroides. Leite et al., (2022) determinou que o inseticida organofosforado clorpirifós é extremamente tóxico para *T. angustula* seja via oral, por contato ou superfície contaminada. Jacob et al., (2019) obteve diversos níveis de sensibilidade de quatro diferentes neonicotinoides em relação a *T. angustula*, sendo o tiametoxam considerado o mais tóxico dentre eles. Quiroga-Murcia et al. (2017) obteve os valores de  $DL_{50}$  via tópica iguais a 1,86 ng/abelha e 0,56 ng/abelha, para os inseticidas tiametoxam e fipronil, respectivamente.

**Figura 3 - Abelhas da espécie *Tetragonisca angustula***



**Fonte:** Do autor (2022)

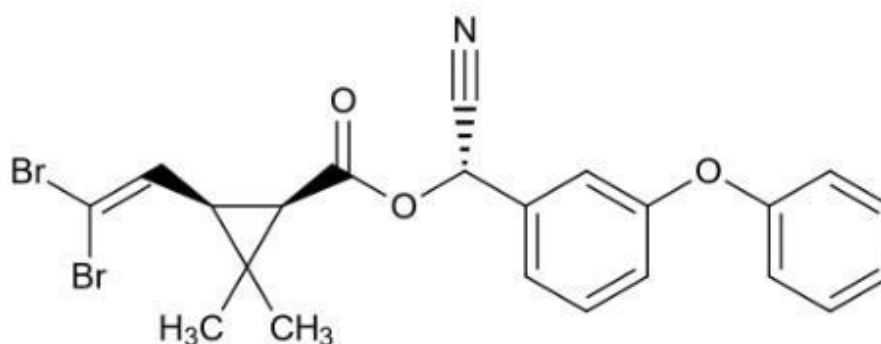
## 2.2 Produtos fitossanitários

### 2.5.1. Deltametrina

A Deltametrina [(1R,3R)-3-(2,2-dibromoethenyl)-2,2-dimethyl-cyclopropane-1-carboxylate] é um piretróide derivado sinteticamente da substância piretrina, encontrada na planta *Chrysanthemum cinerariaefolium* (FEYERESEIN, 2018). A piretrina oriunda do vegetal é facilmente degradada se for exposta ao sol, devido a isto o seu baixo uso no controle de insetos-praga, sendo aplicado na grande maioria das vezes em animais domésticos ou no gado. (CHRISTEN et al., 2019).

Vários são os produtos sintéticos deste grupo como a deltametrina, Cipermetrina, Fenpropatrina, Lambda-cialotrina etc, sendo largamente aplicados em cultivos agrícolas (SANCHEZ-BAYO; GOKA, 2014). Sendo assim, para conferir estabilidade a molécula, a esses i.a. foram adicionados nitrogênio, enxofre e também átomos de halogênios. (SANTOS 2007; Liu et al., 2022). Existem dois grupos de piretróides sintéticos que são o tipo I (ausência) e o tipo II (presença), de um grupo ciano acoplado no fenoxibenzil. Essas substâncias como a deltametrina (pertencente ao tipo II) agem no sistema nervoso central modulando canais de sódio, causando a intoxicação no inseto (SANTOS et al., 2007).

**Figura 4 - Piretróide - deltametrina**



**Fonte:** IRAC-BR: Comitê de ação à resistência a inseticida.  
Disponível em: <https://www.irac-br.org/>

Atualmente a deltametrina possui registro em diversas culturas de interesse comercial, como algodão, café, citros, eucalipto, maçã, melancia, pimentão, soja e tomate (AGROFIT 2022). Além de que, esses inseticidas possuem atributos favoráveis ao seu uso, como seu baixo impacto ambiental, pode ser utilizada sobre um largo espectro de espécies-praga, baixa toxicidade em mamíferos e alta toxicidade para peixes e abelhas (SANTANA et al., 2022). Piretróides apresentam forte atratividade por regiões lipofílicas, como o mesêntero do inseto, quando expostos via oral, e em outras regiões via contato (BASF, 2013; BARON et al., 2014). Heard et al. (2016) notou que essa intoxicação além de possuir uma toxicidade aguda e matar o inseto pode também ter efeito crônico, causando a diminuição do forrageamento de uma operária.

Em estudos realizados por Yang (2019) que encontraram a  $DL_{50}$  de contato igual a 0,05  $\mu\text{g/larva}$  e 0,13  $\mu\text{g/larva}$ , utilizando os piretróides deltametrina e cipermetrina respectivamente. Rehman et al. (2014) determinou que a aplicação de deltametrina em abelhas causou um efeito

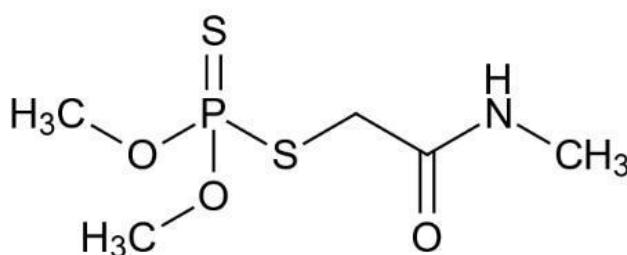
conhecido como “knock down” (posição em que o inseto se encontra sob o efeito do produto) devido a reações de movimentos trêmulos e desorientados, com a rápida ação do i.a. causando paralisia e levando a óbito os indivíduos.

### ***Dimetoato***

O dimetoato (0,0-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate) se encontra no grupo químico dos inseticidas chamado organofosforado, devido a estas moléculas serem ésteres derivados dos ácidos fosfórico, fosfínico e fosfônico (Uhl et al., 2016). Os organofosforados possuem uma variação de toxicidade de baixa a alta para vertebrados, com uma toxicidade maior que a dos organoclorados, agindo como inibidores irreversíveis da enzima acetilcolinesterase (neurotransmissor), ou seja, vão hiperestimulando o neurônio até atingir o pico máximo e ocasionar a morte (HAYNES et al., 1988; BASF, 2013).

O dimetoato é uma molécula antiga desenvolvida na década de 50, devido a isso, muitas pesquisas já foram realizadas afim de se obter respostas sobre a toxicidade deste grupo químico sobre os insetos (MEDRZYCKI P. 2013, SCOY A.V., 2016). Esta substância é o inseticida empregado como referência em estudos de ecotoxicologia com abelhas *A. mellifera* pela OECD (2012), devido a mais de 10 anos de pesquisas realizadas por Gough (1994) para a determinação da sua DL<sub>50</sub>, obtendo pouca diferença nos resultados e atingindo valores bem próximos.

**Figura 5 - Organofosforado - dimetoato**



**Fonte:** IRAC-BR: Comitê de ação à resistência a inseticida.  
Disponível em: <https://www.irac-br.org/>

Existem diversos produtos organofosforados registrados para o seu emprego em cultivos agrícolas como o dimetoato, Clorpirifós, Fenamifós, Temefós etc, com efeito em uma ampla gama de insetos-praga e ácaros. Atualmente o dimetoato tem registro no Brasil para aplicações no solo e em via foliar em diversas culturas como o algodão, citros, maçã, rosa, tomate e trigo (AGROFIT 2022).

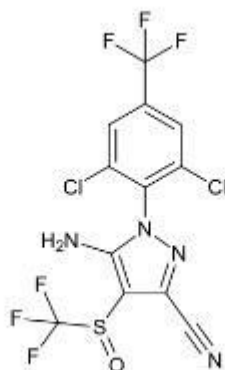
A intoxicação desses compostos pode causar um colapso do sistema nervoso central do inseto, tendo em vista sintomas como convulsões e tremores (ATKINS et al., 1981). A toxicidade gerada por esses organofosforados é relatada por vários pesquisadores, como Pettis (2004), que percebeu que as larvas de abelha rainha após receberem o tratamento com a substância não se desenvolveram ou apresentaram baixo peso corporal. Já Freitas (2010) relatou que o dimetoato é altamente danoso em baixos níveis (1 ppm (partes por milhão)), causando uma delimitação de atividades como a produção de favo e postura de ovos pela rainha, além de afetarem a comunicação entre as abelhas. Dorneles et al. 2021 evidenciou que o organofosforado clorpirifós teve um impacto significativo na sobrevivência de operárias da espécie *Scaptotrigona bipunctata* (LEPELETIER, 1836) (Hymenoptera, Apidae). Guez (2005) observou que ao aplicar topicamente o organofosforado Metil Paration provocou uma queda na regularidade de visitação da abelha ao local do alimento.

### ***Fipronil***

O grupo químico do inseticida fipronil (5-amino-1-[2,6-dicloro-4-(trifluorometil) fenil] - 4-[(trifluorometil) sulfinil] - 1H-pirazol-3-carbonitrila) é o dos fenilpirazois, onde sua estrutura química é formada por heterocíclicos aromáticos (MORAIS et al., 2018). Possui uma baixa pressão de vapor tendo assim pouca volatilização no ar, além de ter um valor médio do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo ( $K_{oc} = 803$ ) gerando resíduos no solo. Caso exposto a luz, a degradação do fipronil (oxidação, hidrólise e redução) resulta em compostos mais estáveis e extremamente mais tóxico que a molécula original. (FENET et al., 2001, MANRIQUE, 2009).

Desenvolvido na década de 80, este i.a. é um inseticida neurotóxico que atua diretamente no sistema nervoso dos insetos, mais especificamente bloqueando canais de cloro mediados pelo neurotransmissor GABA (ácido gama aminobutírico), por consequência o neurônio não retorna ao seu estado de repouso ocorrendo uma hiperexcitação, causando paralisia e convulsão ao inseto, ocasionando a sua morte. (TINGLE et al., 2003; BASF, 2013).

Por apresentar alta toxicidade às abelhas, o fipronil foi proibido na França após relatos de apicultores franceses evidenciando altas perdas de colônias e contaminação do néctar e pólen (CHAUZAT et al., 2009, Souza, 2009). No Brasil este inseticida ainda é bastante utilizado com registro nas culturas de algodão, arroz, eucalipto, feijão, pastagens, soja e trigo (AGROFIT 2022).

**Figura 6 - Fenilpirazol - fipronil**

**Fonte:** IRAC-BR: Comitê de ação à resistência a inseticida.  
Disponível em: <https://www.irc-br.org/>

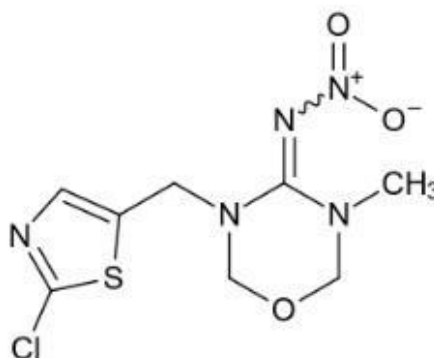
Vários autores relataram a toxicidade do fipronil para as abelhas. Holder et al. (2018) determinou que além da morte em massa de abelhas, o fipronil pode ter vários efeitos subletais, como afetar a intensidade de forrageamento e a dificuldade da abelha em retornar à sua colônia. Hassani (2005) confirmou que doses subletais causaram uma redução significativa na aprendizagem olfativa de abelhas *A. mellifera*. Lourenço et al., (2012) obteve uma concentração letal (CL<sub>50</sub>) de fipronil via oral em 48h de 0,011 ng i.a./μL em *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811) (Hymenoptera: apidae) e de 1.27 ng/μL em *A. mellifera*, demonstrando que abelhas nativas podem ser mais sensíveis do que a abelha exótica. Mayer; Lunden (1999) encontraram diferentes DL<sub>50</sub> do fipronil para diferentes espécies de abelhas: 1,130 μg/abelha em *Nomia melanderi* (COCKERELL, 1906) (Hymenoptera: Halictidae), 0,013μg/abelha em *A. mellifera* e 0,004μg/abelha em *Megachile rotundata* (FABRICIUS, 1787) (Hymenoptera: Megachilidae).

### ***Tiametoxam***

O tiametoxam [3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro)amine] é um inseticida pertencente a segunda geração do grupo químico dos neonicotinoides junto ao Dinotofurano, Tiaclopride e Clotianidina (MAIENFISCH et al., 2001). Os neonicotinoides são produtos sintéticos análogos da nicotina, vieram para tentar substituir antigos inseticidas mais danosos ao homem e ao meio ambiente (organofosforados e carbamatos), possuem uma alta afinidade com os receptores colinérgicos em insetos, sendo menos tóxico aos mamíferos (FERREIRA et al., 2022). Eles atuam sendo agonistas da acetilcolina, competindo com ela por seus receptores, porém os neonicotinoides não são susceptíveis a hidrólise enzimática da acetilcolinesterase, levando o inseto a ter uma

hiperexcitação do sistema nervoso, ocasionando a perda da coordenação muscular, convulsões e depois a morte. (BASF, 2013; ALBINATI et al., 2016).

**Figura 7 - Neonicotinóide - tiametoxam**



**Fonte:** IRAC-BR: Comitê de ação à resistência a inseticida.  
Disponível em: <https://www.irc-br.org/>

Neonicotinoides é a classe de inseticida mais utilizada em todo o mundo, com registro em centenas de países e ocupando mais de 25% do mercado de produtos fitossanitários (CRADDOCK et al., 2019). No Brasil o tiametoxam possui registro para diferentes culturas como: abacaxi, abobrinha, arroz, batata, café, cana-de-açúcar, citros, feijão-vagem, maçã, mamão, melancia, melão, morango, pepino, pêssego, pimentão, repolho, tomate e uva (AGROFIT, 2022).

Estes produtos fitossanitários são sistêmicos, quando aplicados via foliar ou em tratamento de sementes a molécula se distribui por toda a planta via vasos condutores, fazendo com que sejam encontrados resíduos desse inseticida em néctar e pólen (CHAUZAT et al., 2009; PERVEZ; MANZOOR, 2020). Além de que, em plantas e animais essas substâncias ao serem metabolizadas podem gerar metabólitos mais tóxicos ainda, como a clotianidina (CASIDA, 2011).

Devido a sua utilização, os neonicotinoides se apresentam como um dos suspeitos de causar o fenômeno Colony Collapse Disorder (CCD), o que levou a comunidade científica a empenhar-se nas possíveis causas desse fenômeno sobre os polinizadores (HOPWOOD et al., 2012; EIRI; NIEH, 2012; PIRES et al., 2016). Com a vontade de contribuir com a elucidação destes efeitos, Catae et al (2014) demonstrou efeitos citotóxicos do tiametoxam nos túbulos de Malpighi e no intestino médio da abelha de mel africanizada. Cresswell et al (2012) relatou uma redução da taxa de alimentação e uma redução da atividade locomotora em *Bombus sp.*



após intoxicação via oral com imidacloprid. Sandrock et al (2014) explicou que com doses crônicas de tiametoxam e Clotianidina na espécie de abelha solitária *Osmia bicornis* (LINNAEUS, 1758) (Hymenoptera: Megachilidae) ocorreu uma menor quantidade de células de cria, mortalidade de abelhas jovens e tendência a descendentes machos. Em alguns experimentos foi notável o aumento da dificuldade de forrageamento de abelhas campeiras expostas a neonicotinoides (HENRY et al. 2012; SCHNEIDER et al., 2012; TEETERS et al., 2012; TAN et al., 2014). (ALAUX et al., 2010; VIDAU et al. 2011; PETTIS et al., 2012) relataram, respectivamente, susceptibilidade, supressão imunológica e aumento significativo da infecção, em relação ao microsporídeo *Nosema* em *A. mellifera*. Tosi et al. (2017) em seus experimentos provou que tanto em uma exposição aguda quanto em uma crônica de tiametoxam, as abelhas tiveram uma significativa alteração do seu voo. Carvalho et al. (2009) afirmou que o tiametoxam é bastante tóxico, causando 71% de mortalidade após uma hora da aplicação sobre as abelhas *A. mellifera* e 46% de mortalidade após uma hora quando fornecido junto ao alimento.

Siviter et al. (2022) encontrou uma DL<sub>50</sub> de tiametoxam via oral de 6.82 ng/abelha na espécie *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae). Já Mundy-Heisz et al (2022) chegou a um valor de 0,0015µg/abelha em *Bombus impatiens* (Cresson, 1863) (Hymenoptera: Apidae). Negi et al. (2022) em seu estudo atingiu um resultado de DL<sub>50</sub> igual 0,019µg/abelha por contato e 0,0038µg/abelha via oral em *A. mellifera*.

Diante do exposto, os objetivos do presente trabalho foram determinar a DL<sub>50</sub> via contato dos inseticidas deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam em diferentes espécies de abelhas *F. varia*, *S. xanthotricha* e *T. angustula*.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Estudo em Abelhas do Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, Sul de Minas Gerais. As coordenadas geográficas do local são -21.22660 latitude Sul e -44.97412 longitude Oeste, situando-se a uma altitude média de 938 m. O clima é quente e temperado, chovendo muito mais no verão do que no inverno. A classificação do clima é Cwa segundo a Koppen e Geiger. Lavras tem uma temperatura média de 20.2°C e o valor médio anual da pluviosidade é de 1237mm.

**Figura 8 - Meliponário - UFLA**



**Fonte:** Do autor (2022)

#### 3.2 Reagentes

Os ingredientes ativos deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam utilizados nos experimentos foram obtidos na empresa Sigma Aldrich® em pureza analítica (acima de 99,5%). Para preparo das soluções, e também como controle negativo, utilizou-se a acetona PA adquirida da empresa Vetec Química®.

#### 3.3 Obtenção das abelhas

As abelhas foram obtidas no meliponário do DEN, onde são criadas em caixas racionais. Foram sendo coletadas diretamente no local de entrada/saída de sua colônia com a ajuda de um

recipiente feito de tubo PVC acoplado a um tecido voil para abelhas maiores (*S. xanthotricha*) e com um tubo tipo falcon 50 ml para as abelhas menores *F. varia* e *T. angustula*. Todas as abelhas utilizadas eram operárias coletadas na entrada dos ninhos. Após a coleta das abelhas, no horário das 13:00, estas foram conduzidas até o laboratório onde foram realizados os testes de toxicidade.

**Figura 9 - Material e método de coleta de abelhas**



Fonte: Do autor (2022).

### 3.4 Ensaio de intoxicação por aplicação tópica

Estes bioensaios do tipo dose-resposta foram conduzidos através da exposição tópica de abelhas de acordo com as metodologias recomendadas pela Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Guidelines for the Testing of Chemicals (Honeybees, N°214, Acute Oral Toxicity Test 1998).

Antes de cada teste, as abelhas foram anestesiadas com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por 40 segundos para a espécie *S. xanthotricha* e 20 segundos para as espécies *F. varia* e *T. angustula*, para que a aplicação tópica fosse realizada com segurança.

Para cada inseticida, preparou-se uma solução estoque na concentração de 1.000 ng i.a./μL, utilizando a acetona como solvente, logo após a sua utilização esta solução foi armazenada a -20°C em freezer. Para a montagem dos experimentos e preparo das soluções de

trabalho, foram realizadas diluições em cascata (sequencial) da solução estoque até a obtenção das concentrações desejadas. De maneira geral, para cada rodada experimental, foram preparadas seis soluções, cada uma com uma concentração conhecida, além do controle negativo (acetona), totalizando sete soluções em cada experimento. Todas as concentrações foram definidas após diversos testes pré-executados.

As concentrações de cada tratamento utilizado com o piretróide deltametrina foram 0,005; 0,05; 0,5; 5; 50 e 500 ng i.a./ $\mu$ L com a espécie *F. varia*. Concentrações de 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10 e 100 ng i.a./ $\mu$ L com a espécie *S. xanthotricha* e 0,002; 0,02; 0,2; 2; 20 e 200 ng i.a./ $\mu$ L para a espécie *T. angustula*.

Para o dimetoato as concentrações utilizadas foram o controle (somente acetona), 0,004; 0,04; 0,4; 4; 40 e 400 ng i.a./ $\mu$ L, para a espécie *F. varia*; 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10 e 100 ng i.a./ $\mu$ L, para as espécies *S. xanthotricha* e *T. angustula*.

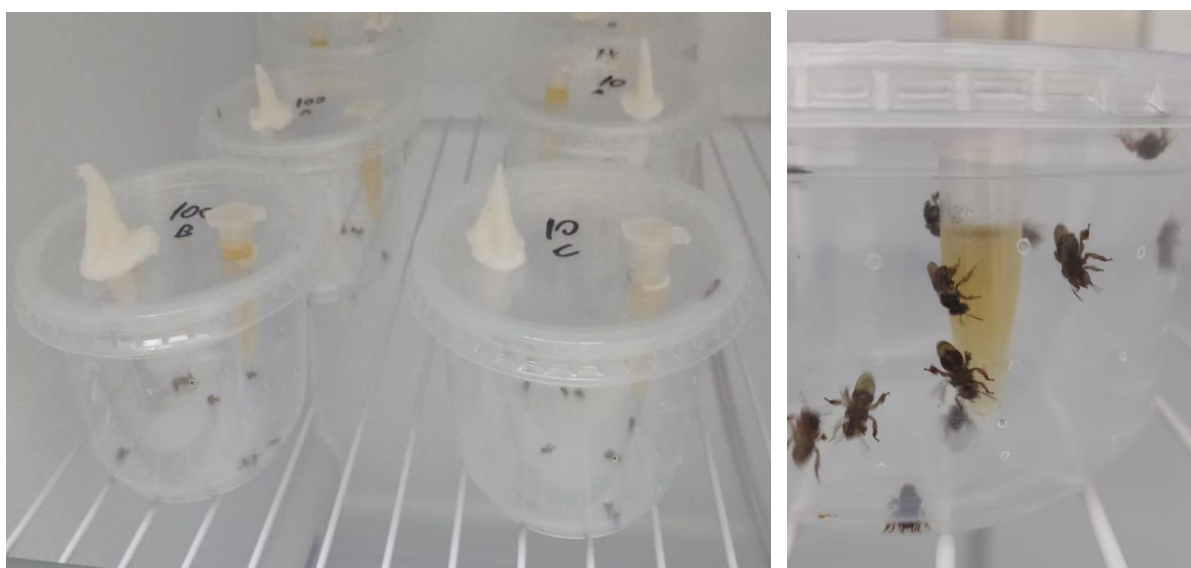
Com o inseticida fipronil as concentrações foram 0,003; 0,03; 0,3; 3; 30 e 300 ng i.a./ $\mu$ L para a espécie *F. varia*, e 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10 e 100 ng i.a./ $\mu$ L, para as espécies *S. xanthotricha* e *T. angustula*.

Utilizando o neonicotinoide tiametoxam as concentrações foram 0,004; 0,04; 0,4; 4; 40 e 400 ng i.a./ $\mu$ L para a abelha *F. varia*; 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10 e 100 ng i.a./ $\mu$ L para as espécies *S. xanthotricha* e *T. angustula*.

O procedimento de aplicação tópica foi realizado com uma microseringa acoplada a um dispensador automático de amostras, aplicando-se no tórax de cada indivíduo abelha 1  $\mu$ L de uma das diluições (tratamentos), com três repetições por tratamento. Após as três aplicações em cada tratamento, as abelhas foram acondicionadas em gaiolas de plástico polipropileno de volume igual a 250 mL, gaiolas estas perfuradas em diversos pontos da sua lateral em 1 mm de diâmetro, com o objetivo de se ter a ventilação adequada. Em cada gaiola foram colocadas 10 abelhas, num total de 30 (3 gaiolas) por tratamento nas espécies *S. xanthotricha* e *T. Angustula* e de 5 abelhas num total de 15 por tratamento na espécie *F. varia*. Em cada gaiola, na sua tampa foram feitos 2 furos, em um foi colocado um algodão umedecido em água e no outro um microtúbulo perfurado contendo a dieta água com mel (1:1) fornecida *ad libitum*.

**Figura 10 - Microseringa**

**Fonte:** Do autor (2022)

**Figura 11 - Gaiolas com abelhas dentro da incubadora BOD**

**Fonte:** Do autor (2022)

Após a transferências das abelhas, as gaiolas foram acondicionadas em uma estufa incubadora BOD a uma temperatura de  $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ , UR  $60\pm 10\%$  e em escotofase. As avaliações foram feitas somente pelo autor do trabalho, registrando a mortalidade das abelhas em 24, 48 e 72h, desde que a mortalidade controle não excedesse 10%.

### 3.5 Análise dos dados

Os ensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado. Depois do ensaio de determinação da toxicidade aguda, os dados de mortalidade após 24, 48 e 72 horas foram submetidos à análise do tipo dose-resposta, empregando-se um modelo loglogístico do pacote “drc” compilado pelo software R®, determinando-se o valor da dose de referência  $DL_{50}$ , graus de liberdade do modelo, qui-quadrado calculado e intervalos de confiança a 95%.

Para medida de comparação, os dados de toxicidade foram expressos como quantidade (nanograma) do i.a. por indivíduo (abelha) e também com o equivalente do i.a. por massa (miligrama) corpórea. Para isso, foram coletadas 100 abelhas ao acaso das mesmas colônias utilizadas nos testes, e pesadas em balança analítica, obtendo-se a média de 16,8 mg para *F. varia*, 15,4 mg para *S. xanthotricha* e 6.3 mg para *T. angustula*.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 *Frieseomelitta varia*

Os dados de mortalidade observados após a intoxicação com o inseticida deltametrina na espécie *F. varia* foram submetidos à análise estatística e estimou-se uma  $DL_{50}$  (24 horas) na ordem de 0.98 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.91 e 1.97 ng i.a./abelha. Para 48 horas o valor obtido foi de 0.45 ng i.a./abelha com um intervalo de confiança entre 0.01 e 0.89 ng i.a./abelha. Em 72 horas foi encontrado o valor 0.32 ng i.a./abelha com o intervalo de segurança entre 0.01 e 0.65 ng i.a./abelha (Tabela 1).

Para o inseticida dimetoato os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 0.70 ng i.a./abelha com um intervalo de confiança entre 0.21 e 1.19 ng i.a./abelha; 0.21 ng i.a./abelha com intervalo de confiança entre 0.03 e 0.38 ng i.a./abelha; 0.18 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.03 e 0.33 ng i.a./abelha (Tabela 1).

Com o inseticida Fipronil os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas apresentaram valor de  $DL_{50}$  de 0,22 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.01 e 0.46 ng i.a./abelha; 0.08 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.01 e 0.17 ng i.a./abelha; 0.03 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.01 e 0.06 ng i.a./abelha (Tabela 1).

Utilizando o inseticida Tiametoxam os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se os valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 0.79 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.10 e 1.49 ng i.a./abelha; 0.08 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.14 ng i.a./abelha; 0.04 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.02 e 0.06 ng i.a./abelha (Tabela 1).

**Tabela 1:** Parâmetros de ajuste obtidos para os modelos (log-logístico) durante a determinação da toxicidade aguda (DL<sub>50</sub>) dos inseticidas deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam para a espécie *Frieseomelitta varia*.

Inseticida	Tempo	DL <sub>50</sub> <sup>a</sup>	IC95% <sup>b</sup>	DL <sub>50</sub> <sup>c*</sup>	IC95% <sup>d*</sup>	$\chi^2$ <sup>e</sup>	G.L. <sup>f</sup>
Deltametrina	24 h	0.98	0.01 – 1.97	0.0583	$5.95e^{-4} - 0.117$	13.606	16
	48 h	0.45	0.01 – 0.89	0.0268	$5.95e^{-4} - 0.053$	7.4527	16
	72 h	0.32	0.01 – 0.65	0.0190	$5.95e^{-4} - 0.038$	5.5995	16
Dimetoato	24 h	0.70	0.21 – 1.19	0.0417	0.0125 – 0.070	8.3899	16
	48 h	0.21	0.03 – 0.38	0.0125	0.0018 – 0.027	16.177	18
	72 h	0.18	0.03 – 0.33	0.0107	0.0018 – 0.020	14.954	18
Fipronil	24 h	0.22	0.01 – 0.46	0.0131	$5.95e^{-4} - 0.027$	7.7782	16
	48 h	0.08	0.01 – 0.17	0.0048	$5.95e^{-4} - 0.010$	9.1058	16
	72 h	0.03	0.01 – 0.06	0.0019	$5.95e^{-4} - 0.004$	6.571	16
Tiametoxam	24 h	0.79	0.10 – 1.49	0.0470	0.0060 – 0.089	6.6211	16
	48 h	0.08	0.01 – 0.14	0.0048	$5.95e^{-4} - 0.008$	10.387	16
	72 h	0.04	0.02 – 0.06	0.0023	0.0011 – 0.004	6.4078	16

<sup>a</sup> DL<sub>50</sub> em ng i.a./abelha

<sup>b</sup> Intervalo de confiança 95% - em ng i.a./abelhas

<sup>c</sup> DL<sub>50</sub> em µg i.a./mg massa corpórea

<sup>d</sup> Intervalo de confiança 95% - em µg i.a./mg massa corpórea

<sup>e</sup> Qui-quadrado do modelo

<sup>f</sup> Graus de liberdade

\* massa corpórea média da espécie: 16,8 mg (n=100)

**Fonte:** Do autor (2022)



#### 4.2 *Scaptotrigona xanthotricha*

Os dados de mortalidade observados após a intoxicação com o inseticida Deltametrina na espécie *S. xanthotricha* foram submetidos a uma análise estatística e estimou-se uma  $DL_{50}$  (24 horas) na ordem de 0.15 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.02 e 0.28 ng i.a./abelha. Em 48 horas o resultado encontrado foi 0.09 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.02 e 0.16 ng i.a./abelha. Para 72 horas foi obtido o valor de 0.08 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.01 e 0.17 ng i.a./abelha (Tabela 2).

Com o inseticida dimetoato os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 0.12 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.27 ng i.a./abelha; 0.06 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.13 ng i.a./abelha; 0.06 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.12 ng i.a./abelha (Tabela 2).

Para o inseticida fipronil os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 0.20 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.06 e 0.33 ng i.a./abelha; 0.07 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.03 e 0.12 ng i.a./abelha; 0.03 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.05 ng i.a./abelha (Tabela 2).

Utilizando o inseticida tiametoxam os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 0.52 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.09 e 0.95 ng i.a./abelha; 0.52 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.13 ng i.a./abelha; 0.06 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.12 ng i.a./abelha (Tabela 2).

**Tabela 2:** Parâmetros de ajuste obtidos para os modelos (log-logístico) durante a determinação da toxicidade aguda (DL<sub>50</sub>) dos inseticidas deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam para a espécie *Scaptotrigona xanthotricha*.

Inseticida	Tempo	DL <sub>50</sub> <sup>a</sup>	IC95% <sup>b</sup>	DL <sub>50</sub> <sup>c*</sup>	IC95% <sup>d*</sup>	$\chi^2$ <sup>e</sup>	G.L. <sup>f</sup>
Deltametrina	24 h	0.15	0.02 - 0.28	0.0097	0.0013 - 0.018	13.126	16
	48 h	0.09	0.02 - 0.16	0.0058	0.0013 - 0.010	12.152	16
	72 h	0.08	0.01 - 0.17	0.0052	6.49e <sup>-4</sup> - 0.010	14.290	18
Dimetoato	24 h	0.12	0.01 - 0.27	0.0078	6.49e <sup>-4</sup> - 0.018	17.638	16
	48 h	0.06	0.01 - 0.13	0.0039	6.49e <sup>-4</sup> - 0.008	11.505	16
	72 h	0.06	0.01 - 0.12	0.0039	6.49e <sup>-4</sup> - 0.008	9.9305	16
Fipronil	24 h	0.20	0.06 - 0.33	0.0130	0.0130 - 0.021	18.244	16
	48 h	0.07	0.03 - 0.12	0.0045	0.0020 - 0.008	19.404	16
	72 h	0.03	0.01 - 0.05	0.0019	6.49e <sup>-4</sup> - 0.003	19.953	16
Tiametoxam	24 h	0.52	0.09 - 0.95	0.0338	0.0058 - 0.062	20.573	16
	48 h	0.07	0.01 - 0.13	0.0045	6.49e <sup>-4</sup> - 0.008	14.522	16
	72 h	0.03	0.01 - 0.06	0.0019	6.49e <sup>-4</sup> - 0.004	13.229	16

<sup>a</sup> DL<sub>50</sub> em ng i.a./abelha

<sup>b</sup> Intervalo de confiança 95% - em ng i.a./abelhas

<sup>c</sup> DL<sub>50</sub> em µg i.a./mg massa corpórea

<sup>d</sup> Intervalo de confiança 95% - em µg i.a./mg massa corpórea

<sup>e</sup> Qui-quadrado do modelo

<sup>f</sup> Graus de liberdade

\* massa corpórea média da espécie: 15,4 mg (n=100)

**Fonte:** Do autor (2022)

### 4.3 *Tetragonisca Angustula*

Os dados de mortalidade observados após a intoxicação com o inseticida deltametrina na espécie *T. angustula* foram submetidos a uma análise estatística e estimou-se uma  $DL_{50}$  (24 horas) na ordem de 0.93 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.31 e 1.55 ng i.a./abelha. Em 48 horas o resultado encontrado foi 0.33 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.09 e 0.28 ng i.a./abelha. Para 72 horas foi obtido o valor de 0.20 ng i.a./abelha com um intervalo de segurança entre 0.05 e 0.36 ng i.a./abelha (Tabela 3).

Utilizando o inseticida dimetoato os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 4.14 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.36 e 0.92 ng i.a./abelha; 0.98 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.07 e 1.89 ng i.a./abelha; 0.63 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.05 e 1.22 ng i.a./abelha (Tabela 3).

Com o inseticida fipronil os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 0.55 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.16 e 0.94 ng i.a./abelha; 0.15 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.03 e 0.27 ng i.a./abelha; 0.06 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.11 ng i.a./abelha (Tabela 3).

Para o inseticida tiametoxam os dados de mortalidade observados após 24,48 e 72 horas, estimou-se valores de  $DL_{50}$  na ordem de: 1.16 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.26 e 2.06 ng i.a./abelha; 0.29 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.04 e 0.54 ng i.a./abelha; 0.05 ng i.a./abelha com intervalo de segurança entre 0.01 e 0.09 ng i.a./abelha (Tabela 3).

**Tabela 3:** Parâmetros de ajuste obtidos para os modelos (log-logístico) durante a determinação da toxicidade aguda (DL<sub>50</sub>) dos inseticidas deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam para à espécie *Tetragonisca angustula*.

Inseticida	Tempo	DL <sub>50</sub> <sup>a</sup>	IC95% <sup>b</sup>	DL <sub>50</sub> <sup>c*</sup>	IC95% <sup>d*</sup>	$\chi^2$ <sup>e</sup>	G.L. <sup>f</sup>
Deltametrina	24 h	0.93	0.31 – 1.55	0,1476	0.0492 – 0.246	21.001	16
	48 h	0.33	0.09 – 0.28	0.0524	0.0143 – 0.044	18.907	16
	72 h	0.20	0.05 – 0.36	0.0317	0.008 – 0.057	14.199	16
Dimetoato	24 h	4.14	0.36 – 7.92	0.6571	0.0571 – 1.257	21.913	16
	48 h	0.98	0.07 – 1.89	0.1556	0.0111 – 0.3	13.939	16
	72 h	0.63	0.05 – 1.22	0.1000	0.008 – 0.1940	13.116	16
Fipronil	24 h	0.55	0.16 – 0.94	0.0873	0.0254 – 0.149	15.931	16
	48 h	0.15	0.03 – 0.27	0.0238	0.0048 – 0.043	14.711	16
	72 h	0.06	0.01 – 0.11	0.0095	0.0016 – 0.018	8.9137	16
Tiametoxam	24 h	1.16	0.26 – 2.06	0.1841	0.0413 – 0.327	18.493	16
	48 h	0.29	0.04 – 0.54	0.0460	0.0063 – 0.086	7.8461	16
	72 h	0.05	0.01 – 0.09	0.0079	0.0016 – 0.014	16.916	16

<sup>a</sup> DL<sub>50</sub> em ng i.a./abelha

<sup>b</sup> Intervalo de confiança 95% - em ng i.a./abelhas

<sup>c</sup> DL<sub>50</sub> em µg i.a./mg massa corpórea

<sup>d</sup> Intervalo de confiança 95% - em µg i.a./mg massa corpórea

<sup>e</sup> Qui-quadrado do modelo

<sup>f</sup> Graus de liberdade

\* massa corpórea média da espécie: 6,3mg (n=100)

Fonte: Do autor (2022).

## 5 DISCUSSÃO

Ao converter dados de 24, 48 e 72 horas a obter a  $DL_{50}$  em relação à massa corporal ( $\mu\text{g}$  i.a./ mg abelha), foi possível observar padrões distintos de sensibilidade entre as espécies e inseticidas. No presente estudo, foram obtidos os valores de  $DL_{50}$  (dose letal para 50% das abelhas expostas) para quatro inseticidas: deltametrina ( $0,15 \mu\text{g}$  i.a./abelha), dimetoato ( $0,12 \mu\text{g}$  i.a./abelha), fipronil ( $0,20 \mu\text{g}$  i.a./abelha) e Tiametoxam ( $0,52 \mu\text{g}$  i.a./abelha), durante um período de 24 horas. Esses valores confirmam a classificação estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (IBAMA 2022), que considera esses inseticidas como moderadamente a altamente tóxicos para a espécie *A. mellifera*. O pesquisador El Agrebi et al. (2020) ressalta que a susceptibilidade a esses compostos é inversamente proporcional a superfície corpórea específica da abelha, o que significa que as abelhas menores são mais sensíveis que as maiores, sendo assim, esses resultados indicam uma alta toxicidade desses inseticidas para espécies de abelhas nativas.

Radwan et al. (2020) encontraram valores de  $DL_{50}$  igual a  $0,051 \mu\text{g}$  i.a./abelha via tópica para a Deltametrina em abelhas da espécies *A. mellifera* em um período de 24 horas. Porém, os valores de  $DL_{50}$  igual a ( $0,058$ ,  $0,009$  e  $0,147 \mu\text{g}$  i.a./abelha) obtidos neste estudo para as espécies *F. varia*, *S. xanthotricha* e *T. angustula*, respectivamente, confirmam que diferentes espécies de abelhas possuem diferentes sensibilidades a mesma molécula. Zhang et al. (2022) observaram efeitos subletais da deltametrina, como mudanças na expressão de genes envolvidos no aprendizado, na imunidade, na desintoxicação e em respostas quimiosensoriais das abelhas. Já Dong et al. (2022) demonstraram que a exposição aguda da deltametrina a abelhas causa uma diminuição da microbiota do intestino, aumentando o risco de infecção por patógenos. Além disso, Moraes et al. (2000) mostraram que a deltametrina é altamente tóxica a espécie *Scaptotrigona tubiba* (SMITH, 1863) (Hymenoptera: Apidae) em aplicação tópica. Del Sarto (2009) em sua tese de doutorado concluiu que a espécie de abelha nativa *M. quadrifasciata* é altamente suscetível a deltametrina, enquanto que a espécie *A. mellifera* possui uma susceptibilidade moderada.

Os resultados obtidos para a  $DL_{50}$  do organofosforado dimetoato foram altamente variáveis entre as espécies de abelhas testadas, com valores de ( $0,0417$ ,  $0,0078$  e  $0,6571 \mu\text{g}$  i.a./abelha) em 24 horas para *F. varia*, *S. xanthotricha* e *T. angustula*, respectivamente. Isso reflete uma ampla variação na sensibilidade de diferentes espécies de abelhas a esse inseticida, conforme demonstrado por Uhl et al. (2016), que relataram valores de toxicidade do dimetoato

variando de 0,20 µg i.a./abelha para a espécie *Lasioglossum malachurum* (KIRBY, 1802 (Hymenoptera: Halictidae)), de 0,73 µg i.a./abelha para a espécie *Andrena flavipes* (PANZER, 1799 (Hymenoptera: Apidae)), de 1,14 µg i.a./abelha para *Colletes hederæ* (SCHMIDT; WESTRICH, 1993) (Hymenoptera: Colletidae)), de 1,71 µg i.a./abelha para *O. bicornis* (♂), 4,29 µg i.a./abelha para *O. bicornis* (♀) e 5,13 µg i.a./abelha para *B. terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera, Apidae) Dai et al. (2018) relataram uma diminuição na sobrevivência de operárias da abelha *A. mellifera* que tiveram contato com o organofosforado.

Os estudos conduzidos por Colin et al. (2004) evidenciaram que doses reduzidas do inseticida Fipronil podem prejudicar as funções de manutenção das colônias de abelhas, por meio das consequências que o produto pode causar no sistema nervoso do inseto, afetando a orientação e, portanto, o comportamento. Em um estudo toxicológico realizado por Lunardi et al. (2017) com abelhas africanizadas do Brasil, foi encontrada a DL<sub>50</sub> do inseticida Fipronil via tópica de 0,0059 µg i.a./abelha em 24 horas. Em outra pesquisa, Lourenço et al. (2012) encontraram uma DL<sub>50</sub> via tópica de 0,0041 µg i.a./abelha em 48 horas para a espécie nativa *M. scutellaris*.

Já para o inseticida tiametoxam, diversos estudos demonstraram que o composto é altamente tóxico para a espécie de abelha *A. mellifera* (CARVALHO et al., 2009; NEGI et al., 2022). Existem várias pesquisas evidenciando os efeitos gerados pelo contato da molécula com o inseto como, redução da atividade de forrageamento (Teeters et al., 2012), declínio na população (CRESSWELL et al., 2012), alteração do voo (TOSI et al., 2017), redução da capacidade de absorção de alimento, da capacidade de aprendizado e da locomoção (DIVELY et al., 2015), diminuição das áreas de cria, de néctar, pólen e também das abelhas da colônia em testes a semi-campo com o tiametoxam (NEGI et al., 2022). Kenko e Ngameni (2022) encontrou uma DL<sub>50</sub> de 1.72 µg/abelha por contato em *A. mellifera*, demonstrando assim que os valores encontrados neste estudo de (0.0470, 0.0338 e 0.1841 µg/abelha) nas espécies *F. varia*, *S. xanthotricha* e *T. angustula*, respectivamente, corroboram a ideia de que os meliponíneos são mais susceptíveis ao tiametoxam do que *A. mellifera*.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, foi observado que o inseticida Fipronil apresentou a maior toxicidade para a espécie *F. varia* e *T. angustula*, enquanto o Dimetoato foi o mais tóxico para a espécie *S. xanthotricha*. Os valores de DL<sub>50</sub> indicaram uma toxicidade semelhantes entre os quatro inseticidas testados para a espécie marmelada e Mandaguari-

amarela, porém, em relação a espécie jataí, o Dimetoato demonstrou ser significativamente menos tóxico do que os outros compostos.

Ademais, os estudos envolvendo a toxicidade de produto as abelhas nativas são bem escassas, o que dificulta ainda mais na obtenção de dados reais para a execução de medidas protetoras desses polinizadores (SALES et al., 2022).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho sugere que a toxicidade dos inseticidas deltametrina, dimetoato, fipronil e tiametoxam via tópica para as espécies de abelhas nativas brasileiras *F. varia*, *S. xanthotricha* e *T. angustula*, em que todos os compostos apresentaram toxicidade para as abelhas.

Apesar de poucos estudos toxicológicos utilizando as abelhas nativas, as pesquisas que já foram publicadas dão indícios de um potencial efeito (altamente tóxico) dos produtos fitossanitários sobre a comunidade de polinizadores. Existe, portanto, uma necessidade de mais investigações com as diversas espécies de meliponíneos e outros grupos de abelhas nativas do Brasil a fim de se obter uma melhor compreensão dos impactos causados pelos defensivos no agroecossistema e nos polinizadores.

As variações nos valores de  $DL_{50}$  obtidos nesta pesquisa, em comparação com outros estudos que utilizaram os mesmos inseticidas, podem ser atribuídas a diversos fatores. Entre esses fatores, estão incluídas as variações ambientais nos locais de origem das populações das abelhas, a variabilidade genética das espécies de abelhas estudadas, a metodologia empregada durante os experimentos e as diferenças na capacidade de desintoxicação de cada espécie para os compostos em questão.



## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. F. et al. Sistema de Registro do Agrotóxico no Brasil. **Revista Alomorfia**, v. 3, n. 1, p. 49-60, 22 dez. 2019. Disponível em: <https://fatecpp.edu.br/alomorfia/index.php/alomorfia/article/view/73>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- ALAUX, C. et al. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). **Environmental Microbiology**, v. 12, n. 3, p. 774-782, Mar. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20050872/>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- ALBINATI, A. C. L. et al. Toxicidade aguda e risco ecotoxicológico do inseticida Tiametoxam para alevinos de tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n.5, p. 1343-1350, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/WjkrMYp5QKq8b65MD9gygtN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 nov. 2022
- ALSTON, D. G. et. al. Effects of the insecticide phosmet on solitary bee foraging and nesting in orchards of Capitol Reef National Park, Utah. **Environmental Entomology**. v. 36, n.4, p.811- 816, 2007. Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article/36/4/811/467756>. Acesso em: 28 nov. 2022
- ANTUNES, O. T. et.al. Yield of strawberry cultivars polinized by jatai bees under protected environment. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, P. 94-99, mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/bHvtCmytzyp7VjXVSxSSGMK/?lang=pt>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DAS ABELHAS (A.B.E.L.H.A.). Disponível em: <https://abelha.org.br/>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- ATKINS, E.L; KELLUM, D; ATKINS, K.W. **Reducing pesticides hazards to honey bees: mortality prediction techniques and integrated management strategies**. University of California, Division of Agricultural Science, 1981.
- AZPIAZU, C. et.al. Chronic oral exposure to field-realistic pesticide combinations via pollen and nectar: effects on feeding and thermal performance in a solitary bee. **Scientific Reports**, v. 9, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-50255-4>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- BAAS, J. et. al. BeeGUTS: A toxicokinetic: toxicodynamic model for the interpretation and integration of acute and chronic honey bee tests. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 41, n. 9, p. 2193-2201, 2022. Disponível em: <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.5423>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- BARON, G. L. et al. Impact of chronic exposure to a pyrethroid pesticide on bumblebees and interactions with a trypanosome parasite. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, 460–469, 2014. Disponível: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12205>. Acesso em: 28 nov. 2022.

BART, S. et al. Predicting mixture effects over time with toxicokinetic – toxicodynamic models (GUTS): assumptions, experimental testing, and predictive power. **Environmental Science and Technology**, v. 55, n. 4, p. 2430-2439, 2021. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.0c05282>. Acesso em: 28 nov. 2022.

BASF The Chemical Company. **Insecticide Mode of Action**: Technical Training Manual, 2013. Disponível em: [https://agriculture.basf.com/global/assets/en/Crop%20Protection/innovation/BASF\\_Insecticide\\_MoA\\_Manual\\_2014.pdf](https://agriculture.basf.com/global/assets/en/Crop%20Protection/innovation/BASF_Insecticide_MoA_Manual_2014.pdf). Acesso em: 28 nov. 2022.

BATTISTI, L. et al. Review on the sublethal effects of pure and formulated glyphosate on bees: Emphasis on social bees. **Journal of Applied Entomology**, v. 147, n. 1, p. 1-18, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jen.13089?af=R>. Acesso em: 28 nov. 2022.

BERENBAUM, M. R.; LING-HSIU, L. Honey Bees and Environmental Stress: Toxicologic Pathology of a Superorganism. **Toxicologic Pathology**, v. 47, n. 8, p. 1076-1081, 2019. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0192623319877154>. Acesso em: 28 nov. 2022.

BISWAS, S. et al. Life in a contaminated world: the pesticides and the birds population decline. **Uttar Pradesh Journal of Zoology**, v. 43, p. 14-21, 2022. Disponível em: <https://mbimph.com/index.php/UPJOZ/article/view/3019>.

BOFF, S. et al. Changes in social behavior are induced by pesticide ingestion in a Neotropical stingless bee. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 164, p. 548-553, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30149353/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

BOMMARCO, R. et al. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. **Oecologia**, v. 169, n. 4, 1025-1032, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22311256/>. Acesso em 28 nov. 2022.

BRAGA, J.A. et al. Floral sources to *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae) and their pollen morphology in a southeastern Brazilian Atlantic Forest. **Revista de Biologia Tropical**, v. 60, n. 4, p. 1491-1501, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23342504/>. Acesso em: 28. nov. 2022.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 28 nov. 2022.

BRASIL. **Lei 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e 36 embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1989]. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/109753/lei-7802-89> Acesso em: 17 de nov. de 2022.

- BREEZE, T.D. et al. Pollination services in the UK: How important are the honeybees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.142, n. 3-4, p.137-143, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880911001046>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- CABRAL, D.N.S.; OLIVEIRA, B.C.E.P.D. Impactos dos Contaminantes do mel na cadeia produtiva. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v.2, n.4, p. 13-20, 2021. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/1906>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- CAMARGO, J.M.F.; PEDRO, S.R.M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J.S.; URBAN, D.; MELO, G.A.R. (orgs.). **Catalogue of Bees** (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Disponível em: <http://moure.cria.org.br/> . Acesso em: 28 nov. 2022.
- CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Brasília, DF: Embrapa, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.gov.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/11706/metodos-alternativos-de-controle-fitossanitario>. Acesso em: 28 nov.2022.
- CARVALHO, S.M. et al. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para abelhas africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 596-606, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/jSfyP7WRzfS3nCVtdjCGkYH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- CASIDA, J.E. Neonicotinoid metabolism: compounds, substituents, pathways, enzymes, organisms, and relevance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 7, p. 2923-2931, 2011. Disponível em: <http://agri.ckcest.cn/file1/M00/0F/F1/Csgk0GHvWjmAUySSACFwPo4AiyA073.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- CATAE, A.F. et al. Cytotoxic effects of thiametoxham in the midgut and Malpighian tubules of africanized *Apis mellifera*. **Microscopy research and technique**, v. 77, n. 4, p. 274-281, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24470251/>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- CERVEIRA, J. et al. Os apicultores da Beira Alta: percepções e comportamentos face ao risco do uso de pesticidas. **Revista Ciências Agrárias**, v. 40, p. 222-229, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/327458950\\_Os\\_apicultores\\_da\\_Beira\\_Alta\\_percepcoes\\_e\\_comportamentos\\_face\\_ao\\_risco\\_do\\_uso\\_de\\_pesticidas](https://www.researchgate.net/publication/327458950_Os_apicultores_da_Beira_Alta_percepcoes_e_comportamentos_face_ao_risco_do_uso_de_pesticidas). Acesso em: 28 nov. 2022.
- CHAM, K.O. et al. **Manual de avaliação de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas**. Brasília, DF: IBAMA/DIQUA, 2020. 114 p. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/2020-12-10-Mamual\\_ARA\\_Abelhas\\_2ed-Ibama.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/2020-12-10-Mamual_ARA_Abelhas_2ed-Ibama.pdf). Acesso em: 28 nov. 2022.
- CHAUZAT, M.P. et al. Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. **Environmental Entomolog**, v. 38, n. 3, p. 514-522, 2009. Disponível em: <https://www.bijenhouders.nl/files/Bijengezondheid/wassenberg/Chauzat%20et%20al%20200>

9%20pesticide%20residues%20honey%20bee%20colony%20health%20FR.pdf. Acesso em: 28 nov. 2022.

CHIARI, W.C. et al. Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica [*Glycine max* (L.) Merrill] Round Up Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/DbJZkgh3vyQt6VsmqbnTsLc/?lang=pt>. Acesso em: 28 nov.2022.

CHRISTEN, V. et al. Transcriptional and physiological effects of the pyrethroid deltamethrin and the organophosphate dimethoate in the brain of honey bees (*Apis mellifera*). **Environmental Pollution**, v. 244, p. 247-256, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30340169/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

COLIN, M.E. et al. A method to quantify and analyze the foraging activity of honey bees: relevance to the sublethal effects induced by systemic insecticides. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 47, p. 387-395, 2004. Disponível em: [https://www.academia.edu/52951439/A\\_Method\\_to\\_Quantify\\_and\\_Analyze\\_the\\_Foraging\\_Activity\\_of\\_Honey\\_Bees\\_Relevance\\_to\\_the\\_Sublethal\\_Effects\\_Induced\\_by\\_Systemic\\_Insecticides](https://www.academia.edu/52951439/A_Method_to_Quantify_and_Analyze_the_Foraging_Activity_of_Honey_Bees_Relevance_to_the_Sublethal_Effects_Induced_by_Systemic_Insecticides). Acesso em: 28 nov. 2022.

COSTA, A.C.O. et al. Qualidade do mel de abelhas *Apis mellifera*: Boas práticas de produção e extração. **Boletim Didático**, n.148, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/issue/view/109>. Acesso em: 28 nov. 2022.

COSTA, L. **Guia fotográfico de identificação de abelhas sem ferrão, para resgates em áreas de supressão florestal**. Belém, PA: Instituto Tecnológico Vale (ITV), 2019. Disponível em: <https://www.itv.org/wp-content/uploads/2020/06/Abelhas-Sem-Ferrao-Ebook-copy.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

CRADDOCK, H.A. et al. Trends in neonicotinoid pesticide residues in food and water in the United States, 1999-2015. **Environmental Health**, v. 18, n. 1, p. 1-16, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30634980/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

CRESSWELL, J.E. et al. Differential sensitivity of honey bees and bumble bees to a dietary insecticide(imidacloprid). **Zoology**, v. 115, n. 6, p. 365-371, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23044068/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DAI, P. et al. Chronic toxicity of clothianidin, imidacloprid, chlorpyrifos, and dimethoate to *Apis mellifera* L. Larvae reared in vitro. **Pest Management Science**, v.75, n. 1, 2019.

DAVIS, A.R. et al. Laboratory studies of honeybee larval growth and development as affected by systemic insecticides at adult sublethal levels. **Journal of Apicultural Research**, v. 27, n. 3, p.146-161, 1988. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/toc/tjar20/27/3?nav=tocList>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DE JONG, D.; GONÇALVES, L. S. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**. UK, v. 77, n. 2, p. 67-70, 1996.

DECOURTYE, A. et al. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. **Ecotoxicological and Environmental Safety**, v. 57, n. 3, p. 410-419, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15041263/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DEL SARTO, M.C.L. **Toxicidade de inseticidas para as abelhas *Melipona quadrifasciata* e *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <s://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/866/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DESNEUAX, N. et al. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16842032/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DIVELY, G.P. et al. Assessment of chronic sublethal effects of imidacloprid on honeybee colony health. **PLoS One**, v.10, n. 3, p. 187-191, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4364903/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

EIRI, D.M.; NIEH, J.C. A nicotinic acetylcholine receptor agonist affects honey bee sucrose responsiveness and decreases waggle dance. **The journal of Experimental Biology**, v. 215, n. 12, 2012. Disponível em: <https://journals.biologists.com/jeb/article/215/12/2022/10786/A-nicotinic-acetylcholine-receptor-agonist-affects>. Acesso em: 28 nov. 2022.

EL AGREBI, N. et al. Pesticide and veterinary drug residues in Belgian beeswax: Occurrence, toxicity, and risk to honey bees. **Science of the Total Environment**, v. 745, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720345654?via%3Dihub>. Acesso em: 28 nov. 2022.

EMOYAN, O. O. et al. Occurrence, origin, ecological and human health risk of organochlorine pesticides in soil from selected urban, suburban and rural storm water reservoirs. **Soil and a Sediment Contamination: An International Journal**, v. 3, n. 2, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15320383.2021.1913993>. Acesso em: 28 nov. 2022.

FENET, H. et al. Fate of phenylpyrazole in vegetation and soil under tropical field conditions. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.49, n. 3, p. 1293-1297, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11312853/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

FERREIRA, M.F.O. Effects of abamectin and acetamiprid pesticides on the survival and behavior of *Scaptotrigona* aff. *Xanthotricha* (Apidae, Meliponini). **Journal of Apicultural Research**, v. 61, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2020.1835262>. Acesso em: 28 nov. 2022.

FEYEREISEN, R. Toxicology: bee P450s take the sting out of Cyanoamidine Neonicotinoids. **Current Biology Journal**, v. 28, n. 9, p. 560-562, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29738731/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

FREITAS, B.M.; PINHEIRO, J.N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v.14, n.1, p.282-298, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8100>. Acesso em: 28 nov. 2022.

FREITAS, F. C. P. The nuclear and mitochondrial genomes of *Frieseomelitta varia*: a highly eusocial stingless bee (Meliponini) with a permanently sterile worker caste. **BMC Genomics**, v.21, n. 1, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32493270/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

GIOCONDO, J.F.D. S. A polinização de plantas utilizadas na produção agrícola brasileira. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, 2021. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/1065>. Acesso em: 28 nov. 2022.

GOUGH, H. J. et al. The use of dimethoate as a reference compound in laboratory acute toxicity test on honey bees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Apicultural Research**, v.33, n.119, p.15-25, 1994.

GUEZ, D. et.al. Methyl Parathion modifies foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera*). **Ecotoxicology**, v.14, p.431-437, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-004-1348-3>. Acesso em: 28 nov.2022.

HASSANI, A. K. E. et al. Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). **Pharmacology, Biochemistry and Behavior**, v.82, n. 1, p.30-39, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16102801/>. Acesso em: 28 nov.2022.

HAYNES, K.F. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. **Annual Review of Entomology**, v. 33, p. 149-168, 1988. Disponível em: [https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.33.010188.001053?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub++0pubmed](https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.33.010188.001053?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed). Acesso em: 28 nov. 2022.

HEARD, M. S. 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, n. 1, p. 357-365, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716323683?via%3Dihub>. Acesso em: 28 nov. 2022.

HENRY, M. Rollin et al. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. **Science**, v. 336, p. 348-350, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22461498/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

HOLDER, P.J. et al. Fipronil pesticide as suspect in historical mass mortality of honey bees. **PNAS**, v.115, n. 51, p. 13033-13038, 2018. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1804934115>. Acesso em: 28 nov. 2022.

HOPWOOD, J. et.al. **Are neonicotinoid killing bees?** A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bee, with recommendations for action. [S. l.]: Xerces org, 2012. Disponível em: <https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.step->

project.net/files/DOWNLOAD2/Are-Neonicotinoids-Killing-Bees\_Xerces-Society1.pdf. Acesso em: 28 nov. 2022.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br>. Acesso em: 28 nov. 2022.

JACOB, C. R. O. et al. Impact of fipronil on the mushroom bodies of the stingless bee *Scaptotrigona postica*. **Pest Management Science**, v. 71, n. 1, p. 114-122, 2015. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/116211>. Acesso em: 20 nov. 2022.

JACOB, C. R. O. et al. The impact of four widely used neonicotinoids on *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, v. 224, p. 65-70, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519303297>. Acesso em: 30 nov.2022.

JAGER, T. et al. Making sense of ecotoxicological test results: Towards application of process-based models. **Ecotoxicology**, v. 15, n. 3, p. 305–314, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16739032/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

JOHANSEN, C. A.; MAYER, D. F. **Pollinator protection: a bee & pesticide**. [ S.l.]: Wicwas press, 1990.

JOHNSON, R. M. et al. Pesticides and honey bee toxicity – USA. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 312-331, 2010. Disponível em: [https://www.apidologie.org/articles/apido/full\\_html/2010/03/m09141/m09141.html](https://www.apidologie.org/articles/apido/full_html/2010/03/m09141/m09141.html). Acesso em: 30 nov. 2022.

JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, p. 131-140, 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Bigger-and-sweeter-passion-fruits%3A-effect-of-on-and-Junqueira-Augusto/6f0a4422f8326bb0717d0577230269cd69abcdcf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

KLATT, B. K. et al. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1775, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24307669/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

KULHANEK, K. et al. A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. **Journal of Apicultural Research**, v. 56, n. 4, p.328-340, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2017.1344496>. Acesso em: 30 nov. 2022

LEE, K. V. et al. A national survey managed honey bee 2013-2014 annual colony losses in the USA. **Apidologie**, v. 46, p. 292-305, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-015-0356-z>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LEITE, D. T. et al. Toxicity of chlorpyrifos, cyflumetofen, and difenoconazole on *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) under laboratory conditions. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, n. 1, p. 435-443, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42690-021-00560-1>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LIU, Q. et al. Toxic effects of detected pyrethroid pesticides on honeybee (*Apis mellifera ligustica* spin and *Apis cerana cerana* Fabricius). **Scientific Reports, nature portfolio**, v. 12, n. 1, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36202897/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LOPES-FERREIRA, M. et al. Impact of pesticides on human health in the last six years in Brazil. **International Journal Environment Research and Public Health**, v. 19, n 6, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35328887/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LOURENÇO, C.T. et al. Oral Toxicity of Fipronil Against the Stingless Bee *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811). **Bull Environ Contam Toxicol**, v. 89, p. 921-924, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-012-0773-x>. Acesso em: 30 nov. 2022

LOZOWICKA, B. The development, validation and application of a GC-dual detector (NPD-ECD) multi-pesticide residue method for monitoring bee poison incidents. **Ecological and Environmental Safety**, v. 97, p. 210-222, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23916014/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MAHMOOD, T. et al. European honey bee (*Apis mellifera* L.) foraging activities, impacts and potential factors of decline – a review. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 39, n. 1, p. 39, 2023. Disponível em: <https://researcherslinks.com/current-issues/European-Honey-Bee-Apis-mellifera-Foraging-Activities/14/8/5915>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MAIENFISCH, P. et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, v. 57, n. 10, p. 906-913, 2001. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11695183/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho”. **Revista Científica (Jaboticabal)**, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/4931>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MALERBO-SOUZA, D. T.; RIBEIRO, M. F. Polinização do maracujá doce (*Passiflora alata* Dryander). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 2, p. 37-46, 2010. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/4573>. Acesso em 30 nov. 2022.

MANRIQUE, W. G. **Toxicidade Aguda, risco Ambiental do fipronil para o guarú (*Poecilia reticulata*) e dissipação no ambiente aquático**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Centro de Aquicultura, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/86756?show=full>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MARTINS, M. R. et al. Tipos de polinização e pastejo da abelha *Xylocopa* spp. na frutificação e qualidade dos frutos de maracujazeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 187-193, 2014. Disponível em: [https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2752/pdf\\_102](https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2752/pdf_102). Acesso em: 30 nov. 2022.



MAYER, D. F.; LUNDEN, J. D. Field and Laboratory Tests of the effects of Fipronil on Adult Female Bees of *Apis mellifera*, *Megachile rotundata* and *Nomia melanderi*. **Journal of Apicultural Research**, v. 38, n. 3-4, p. 191-197, 1999. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.1999.11101009>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MEDRZYCKI, P. et al. C. Standard methods for toxicology research in *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research**, London, v.52, n. 4, p.1-60, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3896/IBRA.1.52.4.14>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. 2. ed. Baltimor: John Hopkins University Press, 2007.

MIOTELO, L. **Proteção de Polinizadores: Toxicidade do Tiatomexam para *Melipona scutellaris***.2017. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro - SP, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/156432>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MORAIS, C. R. et al. Ecotoxicological effects on the insecticide Fipronil in Brazilian Native stingless bees *Melipona scutellaris* (Apidae: Meliponini). **Chemosphere**, v. 206, p.632-642, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518308026?via%3Dihub>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MORENO, S. C. et al. Toxicity of new pyrethroid in pest insects *Asciamonuste* and *Diaphania hyalinata*, predator *Solenopsis saevissima* and stingless bee *Tetragonisca angustula*. **Journal of Environmental Science and Health B**, v 52, n. 4, p. 237-243, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28095121/>. Acesso em 30 nov. 2022.

MUNDY-HEISZ, K. A. et al. Acute oral toxicity and risk four classes of systemic insecticide to the common eastern bumblebee (*Bombus impatiens*). **Chemosphere**, v. 295, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522002648>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NAGGAR, Y. A. et al. Organophosphorus insecticides in honey, pollen and bees (*Apis mellifera* L.) and their potential hazard to bee colonies in Egypt. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 114, p. 1-8, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25574845/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NASCIMENTO, W. M. et.al. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p.494–498, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/XtRcpwtcnJ4b37WxVYYyN9x/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NEGI, B. R et al. Lethal and sublethal effects of thiamethoxam, a nicotinoid molecule, on colony performance of *A. mellifera*. **Environmental Science and Pollution Research**, v.29, p. 10826-10837, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-16426-5>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NODA, H. et al (orgs). **Pesquisas agronômicas para a agricultura sustentável na Amazônia central. Manaus.** Manaus, AM: Wega, 2013. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/2013-Livro-PesquisasAgronomicasparaaAmaznia.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

OECD. **Test nº 2014:** Honeybees, Acute Contact Toxicity Test. Guidelines for the Testing of Chemicals. 2nd. (Book series). [S. l.]: OECD, 1998. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-2-effects-on-biotic-systems\\_20745761](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-2-effects-on-biotic-systems_20745761). Acesso em: 30 nov. 2022.

OLLERTON, J. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. in D. J. Futuyma. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 3, p. 353-376, 2017. Disponível em: <https://www.valleybees.org.au/wp-content/uploads/2017/11/annurev-ecolsys-110316-022919.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PAPAEFTHIMIOU, C.; THEOPHILIDIS, G. The cardiotoxic action of the pyrethroid insecticide deltamethrin, the azole fungicide prochloraz, and their synergy on the semi-isolated heart of the bee *Apis mellifera macedonica*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 69, n. 2, p.77–91, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357500925197>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PARKER, R. et al. Ecological adaptation of diverse honey bee (*Apis mellifera*) populations. **PLoS One**, v. 5, n. 6, 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2886107/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PEÑA-CHORA, G. et al. Presence and distribution of pests and diseases of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in Mexico: a review. **The European Zoological Journal**, v. 90, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24750263.2023.2182920>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PEREIRA, B. F. M. et al. Contaminação no lençol freático, rios, lagos e lagoas do Brasil por agrotóxicos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação REASE**. V. 8, n. 7, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/6235>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PERVEZ, M; MANZOOR, F. Analysis of pesticide residues in pollen and nectar samples from vários agricultura areas of Pakistan through high performance liquid chromatography. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 36, n. 1, p.1-9, 2020. Disponível em: <https://researcherslinks.com/current-issues/Analysis-of-Pesticide-Residues-in-Pollen-and-Nectar-Samples-from-Variou-Agricultural-Areas-of-Pakistan-through-High-Performance-Liquid-Chromatography/14/1/2629/html>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PETTIS, J. S. et al. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. **Die Naturwissenschaften**, v. 99, n. 2, p. 153-158, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3264871/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PETTIS, J.S. et al. Effects of coumaphos on queen rearing in the honey bee, *Apis mellifera*. **Apidologie**, v.35, n.6, p.605-601, 2004. Disponível em: <https://www.apidologie.org/articles/apido/abs/2004/07/M4039/M4039.html>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PIRES, C. S. S. et al. Enfraquecimento e perda de colônias no Brasil: há casos de CDD? Pesquisa **Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/4VHRxQtkhJTQDwcy7WBcHvh/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PIRES, R. et al. Uma análise da cadeia apícola brasileira. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 4, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/85378>. Acesso em: 30 nov. 2022.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 145-356, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20188434/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

QUIROGA-MURCIA, D. E. et al. Toxicity evaluation of two insecticides sobre *Tetragonisca angustula* y *Scaptotrigona xanthotricha* (Hymenoptera: Apidae). **Agronomia Colombiana**, v. 35, n. 3, p. 340-349, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180357360009.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022

RADWAN, M. H. I. et al. Acute toxicity of some insecticides on honeybee, *Apis mellifera* L. **Plant Protection and Pathology Research**, v. 47, n. 1, 2020. Disponível em [https://zjar.journals.ekb.eg/article\\_70119\\_29f1d5c989f98fac32630a36357c9225.pdf](https://zjar.journals.ekb.eg/article_70119_29f1d5c989f98fac32630a36357c9225.pdf). Acesso em: 01 dez. 2022.

REHMAN, H. et al. Systematic review on pyrethroid toxicity with special reference to deltamethrin. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 2, n. 6 p. 60-70, 2014. Disponível em: <https://www.entomoljournal.com/vol2Issue6/pdf/43.1.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v.11, n. 5, p.499-515, 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x>. Acesso em: 01 dez. 2022.

RICO, A. et al. Ecological risk assessment of pesticides in urban streams of the Brazilian Amazon. **Chemosphere**, v. 291, part. 1, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34758362/>. Acesso em 01 dez. 2022.

ROCHA, M. C. L. S. A.; ALENCAR, S. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Brasília, DF: IBAMA, 2012. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/efeitosdosagrototoxicossobreabelhassilvestresnobrasil.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ROSELINO, A. C. et al. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114921>. Acesso em: 01 dez. 2022.

RUMSCHLAG, S. L. et al. Pesticides alter ecosystem respiration via phytoplankton abundance and community structure: effects on the carbon cycle? **Global Change Biology**, v. 28, n. 3, p. 1091-1102, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.15952>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SALES, V. R. et al. A systematic review of research conducted by pioneer groups in ecotoxicological studies with bees in Brazil: advances and perspectives. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 42, p. 62711-62732, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35793026/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Impacts of pesticides in honey bees. In: CHAMBO, E. D. **Beekeeping and Bee Conservation**. [S. l.: S. n], 2016. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/50073>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide Residues and Bees: A risk assessment. **PLoS One**, v. 9, 2014. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0094482>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANDROCK, C. et al. Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 16, p. 119-128, 2014. Disponível em: <https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/afe.12041>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANTANA, M. S. et al. A meta-analytic review of fish antioxidant defense and biotransformation systems following pesticide exposure. **Chemosphere**, v. 291, part. 1, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521032021?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SANTOS, M. A. T. et al. Piretróides: Uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.3, p. 339-349, 2007. Disponível em: [https://www.academia.edu/14520360/PIRETR%C3%93IDES\\_UMA\\_VIS%C3%83O\\_GERAL](https://www.academia.edu/14520360/PIRETR%C3%93IDES_UMA_VIS%C3%83O_GERAL). Acesso em: 01 dez. 2022.

SCHNEIDER, C. W. et al. RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. **PLoS One**, v. 7, n. 1, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3256199/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SCOY, A.V. et al. Environmental Fate and Toxicology of Dimethoate. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 23, n. 7, p. 53-70, 2016. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-23573-8\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-23573-8_3). Acesso em: 01 dez. 2022.

SEITZ, N. et al. A national survey of managed honey bee 2014-2015 annual colony losses in the USA. **Journal of Apicultural Research**, v. 54, n. 4, p. 292-304, 2016. Disponível em: <https://beeinformed.org/wp-content/uploads/2019/11/Seitz-et-al.-2015-A-national-survey-of-managed-honey-bee-2014%E2%80%932015-a.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SILVEIRA, F. A. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte, BH: [s. n], 2002.

SILVEIRA, R. K. et al. Polinizadores visitam o girassol durante todo o florescimento, aumentando a produtividade e uniformizando as sementes. **Novos cadernos NAEA**, v. 24, n. 2, p. 223-239, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/8772>.. Acesso em: 01 dez. 2022.

SIVITER, H. et al. A combined LD50 for agrochemicals and pathogens in bumblebees (*Bombus terrestris* [Hymenoptera: Apidae]). **Environmental Entomology**, v. 51, n. 2, p. 378-384, 2022. Disponível em : <https://academic.oup.com/ee/article/51/2/378/6503498>. Acesso em: 01 dez.2022

SLAA, E. J. et al. A scientific note on the use of stingless bees for commercial pollination in enclosures. **Apidologie** v. 31, p. 141–142, 2000. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/27684314\\_A\\_scientific\\_note\\_on\\_the\\_use\\_of\\_stingless\\_bees\\_for\\_commercial\\_pollination\\_in\\_enclosures](https://www.researchgate.net/publication/27684314_A_scientific_note_on_the_use_of_stingless_bees_for_commercial_pollination_in_enclosures). Acesso em: 01 dez. 2022.

SOUZA, T. F. **Efeitos das doses subletais do fipronil para abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.), por meio de análises morfológicas e comportamentais**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências. Rio Claro - SP, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87734/souza\\_tf\\_me\\_rcla.pdf?](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87734/souza_tf_me_rcla.pdf?), Acesso em: 01 dez. 2022.

STAVELEY, J. P. et a. A causal analysis of observed declines in managed honey bees (*Apis mellifera*). **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 20, p. 566-591, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3869053/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SU, J. L. et al. Geospatial assessment of pesticide concentration in ambient air and colorectal cancer incidence in Arkansas, 2013-2017. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 6, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8951132/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TAN, K. et al. Imidacloprid alters foraging and decreases bee avoidance of predators. **PLoS One**, v. 9, n. 7, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4099376/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TANG, J. Pollinator effectiveness and importance between female and male mining bee. **Biology letters**, v.15, n. 10, 2019. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2019.0479>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TEETER, B. S. Using videotracking to assess sublethal effects of pesticides on honey bees (*Apis mellifera* L.). **Environmental Toxicology Chemistry**, v. 31, n.6, p. 1348-1354, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22488825/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TINGLE, C. C. et al. Fipronil: environmental fate, ecotoxicology, and human health concerns. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 176, p.1-66, 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12442503/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TOMÉ, H. V. V. et al. Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **PLoS One**, v. 7, 2012. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038406>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TOSI, S. et al. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. **Scientific Reports**, v.7, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-01361-8>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TRINDADE, M. S. A. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 4, n. 1, 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50040110.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

UHL, P. et al. Interspecific sensitivity of bees towards dimethoate and implications for environmental risk assessment. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-7, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep34439>. Acesso em: 01 dez. 2022.

VASQUES, A. G. B. E. C. et al. A importância da polinização biótica em cultivos agrícolas no Brasil. **Diversitas Journal**, v. 8, n.1, 2023. Disponível em: [https://diversitasjournal.com.br/diversitas\\_journal/article/view/2342](https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2342). Acesso em: 01 dez. 2022.

VIDAU, C. et al. Exposure to sub-lethal doses of fipronil and thiacloprid highly increases mortality of honeybees previously infected by *Nosema ceranae*, **PLoS One**, v. 6, n. 6, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21738706/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

VIPIEVSKI JÚNIOR, J. M. et al. Flexibilização dos agrotóxicos no Brasil: a expansão dos registros e do consumo. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 24, n. 1, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/icesumar/article/view/10671>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WALLBERG, A. et al. A worldwide survey of genome sequence variation provides insight into the evolutionary history of honeybee *Apis mellifera*. **Nature Genetics**, v. 46, n. 10, p. 1081-1090, 2014. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ng.3077>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WHITFIELD, C. H. et al. Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. **Science**, v. 314, n. 5799, p.642-649, 2006. Disponível em: [https://www.science.org/doi/10.1126/science.1132772?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://www.science.org/doi/10.1126/science.1132772?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed) Acesso em: 01 dez. 2022.

WINSTON, M. L. The biology and management of africanized honey bees. *Annual Reviews of Entomology*, v. 37, p. 173-193, 1992. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.37.010192.001133>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WITTER, S.; BLOCHTEIN, B. Efeito da polinização por abelhas e outros insetos na produção de sementes de cebola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1399-1407, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/yV9C6tfV7bfCfS7dTrVJRLq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WU, M.-C. et al. Gene expression changes in honey bees induced by sublethal imidacloprid exposure during the larval stage. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 88, p. 12-20, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965174817301005?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

YANG, Y. Acute and chronic toxicity of acetamiprid, carbaryl, cypermethrin and deltamethrin to *Apis mellifera* larvae reared in vitro. *Pest management science*, v. 76, n. 3, p. 978-985, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.5606>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ZALUSK, R. et al. Field-relevant doses of the systemic insecticide fipronil and fungicide pyraclostrobin impair mandibular and hypopharyngeal glands in nurse honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*, v. 10, p.1-10, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7010795/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ZHANG, Z. Y. et al. The effects of sublethal doses of imidacloprid and deltamethrin on honeybee foraging time and the brain transcriptome. *Journal of Applied Entomology*, v. 146, p. 1169-1177, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jen.13061>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ZHAO, H. Et al. Review on effects some insecticides on honey bee health. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 188, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357522001869>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ZHI-XIANG, D. et al. Honeybee (*Apis mellifera*) resistance to deltamethrin exposure by modulating the gut microbiota and improving immunity. *Environmental Pollution*, v. 314, n. 1, Dec., 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749122015548#!>. Acesso em: 28 nov. 2022.