

# Efeitos do Neonicotinóide Imidacloprido no Comportamento Alimentar de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.

Luiz Guilherme de Lima Costa<sup>1</sup>

Angel Roberto Barchuk<sup>2</sup>

Isabel Ribeiro do Valle Teixeira<sup>3</sup>

## Resumo

Os meliponíneos estão entre os maiores agentes polinizadores dos ecossistemas neotropicais, porém, devido a ações antrópicas, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, as populações destas abelhas estão em declínio. Os inseticidas do grupo dos Neonicotinóides, entre eles o Imidacloprido, usados em muitas culturas, têm sido apontados como um dos que mais interferem na saúde das colônias. O objetivo deste trabalho foi analisar a capacidade de percepção da presença de Imidacloprido em dietas artificiais e o efeito do inseticida sobre o comportamento de operárias adultas de *Melipona quadrifasciata*, uma espécie de abelha nativa brasileira sem ferrão. Para esta finalidade, foram realizados experimentos comportamentais com abelhas campeiras em arenas de observação com simulação de flores artificiais e respectivos nectários com diferentes concentrações do composto inseticida (0%, 1%, 5%, 10% e 20%) em dietas de xarope e mel. Os resultados mostraram que as abelhas não diferenciaram as diferentes concentrações de Imidacloprido, mesmo com doses elevadas na dieta (20%). Constatou-se também que a presença do produto interferiu na comunicação entre as abelhas, diminuindo a intensidade dos eventos de antenação. Ambos os fatores, a incapacidade das abelhas de perceber a presença do inseticida e os distúrbios na comunicação ocasionados pela sua ingestão, devem aumentar as chances de contaminação e desaparecimento das colônias destes insetos na natureza.

**Palavras-chave:** Meliponini. Abelhas sem ferrão. Mandaçaia. Inseticida. Antenação. Forrageamento.

## Introdução

A maioria dos meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão (ASF), está restrita à região Neotropical, o que corresponde a cerca de 75% das aproximadamente 500 espécies conhecidas mundialmente (COSTA et al., 2003). Nessas regiões são considerados os polinizadores mais importantes em muitos ecossistemas (WITTER; NUNES-SILVA, 2014). Entre as ASF, a espécie *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (1836) é conhecida popularmente no Brasil como Mandaçaia e pode ser encontrada naturalmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo, além de ocorrer em algumas regiões da Argentina e Paraguai. A espécie se destaca das demais ASF por apresentar um longo período diário

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Graduado em Ciências Biológicas. [guitramp@gmail.com](mailto:guitramp@gmail.com).

2 Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Pesquisador e docente. [barchuk@unifal-mg.edu.br](mailto:barchuk@unifal-mg.edu.br).

3 IFSULDEMINAS. Professora EBTT. [isabel.teixeira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:isabel.teixeira@ifsuldeminas.edu.br).

de forrageamento, uma vez que este se inicia logo após o nascer do sol e se encerra um pouco antes do pôr do sol (AIDAR, 2011), o que possibilita grande número de visitação floral.

A polinização resultante da interação entre insetos e flores é considerada um fator-chave para o equilíbrio dos ecossistemas naturais que os abrigam, pois a maioria das plantas só pode produzir frutos e sementes quando submetida a esse processo (VILLAS-BÔAS, 2012). A ação dos polinizadores também é considerada elemento-chave na produção agrícola e na conservação ambiental, pois age diretamente na reprodução de 40% a 90% das espécies vegetais nativas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; NOGUEIRA-NETO, 1997). Venturieri et al. (2012) apontam a criação de meliponídeos como uma importante alternativa à criação intensa e constante de *Apis mellifera* Linnaeus 1758, principalmente com o objetivo de polinização de espécies nativas e de plantas de interesse econômico, como a berinjela, pimenta, abóbora, morango, pimentão, tomate, guaraná, girassol, urucum.

Com as projeções do aumento da população humana para 9.000 milhões até 2050, a demanda por alimentos crescerá proporcionalmente e, como a produtividade dos alimentos está diretamente relacionada com a existência de abelhas, a conservação das populações destes insetos se torna ainda mais relevante (FIGUEROA-MATA et al., 2016). Assim, são cada vez mais necessários trabalhos científicos que busquem estudar efeitos ambientais que influenciam a sobrevivência e a reprodução das abelhas.

Apesar de sua evidente importância ecológica e econômica, as populações de abelhas se encontram em declínio pelo mundo (NRC, 2006), principalmente devido a ações antrópicas, entre as quais o uso indiscriminado de agrotóxicos. Seu declínio é amplamente atribuído ao fenômeno conhecido como Distúrbio do Colapso das Colônias (CCD), que corresponde a uma rápida perda de abelhas adultas, o que compromete a busca por alimentos, bem como a defesa da colônia contra os ataques de outras abelhas, demais artrópodes, microorganismos e vírus. A ausência de abelhas adultas mortas dentro e ao redor das colmeias afetadas sugere que elas morrem enquanto procuram alimentos (TOMÉ et al., 2012).

Os efeitos dos defensivos agrícolas sobre os insetos podem ser letais, causando a morte imediata do organismo, ou subletais, que causam efeitos no comportamento ou na sua fisiologia, tais como agressividade, lentidão e desorientação durante o voo (SILVA et al., 2014). Quanto ao risco de impacto ambiental, a preocupação maior é pelo uso de inseticidas de amplo espectro, que atingem uma grande variedade de insetos (inclusive os benéficos), e que, quando aplicados sobre as plantas, podem deixar resíduos em doses subletais, difíceis de serem detectados, como é o caso do fipronil e dos neonicotinóides, que possuem doses letais muito baixas (MESSAGE et al., 2012).

De acordo com Soares (2009), mesmo existindo inseticidas com diversos mecanismos de ação, atualmente o principal alvo desses químicos tem sido o sistema nervoso dos insetos. Esses inseticidas possuem ação neurotóxica, interferindo na transmissão axônica, nas sinapses periféricas ou nas centrais, apresentando um efeito rápido e eficaz contra insetos. Entre os neurotóxicos, os neonicotinóides são substâncias quimicamente semelhantes à nicotina e agem na propagação dos impulsos nervosos, competindo com o neurotransmissor acetilcolina, ligando-se a seu receptor de maneira irreversível. Desde que os neonicotinóides são insensíveis à ação da enzima acetilcolinesterase, a ativação dos receptores de acetilcolina pelas moléculas do inseticida se prolonga de forma anormal, gerando uma alta excitabilidade do sistema nervoso central. Os sintomas mais comuns resultantes da intoxicação por neonicotinóides em insetos são tremores, colapso do sistema nervoso e morte (FARIA, 2009).

O inseticida sistêmico Imidacloprido é um dos neonicotinóides mais usados no mundo. No Brasil, ele é aplicado em uma grande variedade de culturas, tais como a do algodão, amendoim, cevada, feijão, milho, soja, trigo, abacaxi, abóbora, alface, alho, almeirão, batata, berinjela, brócolis, cebola, chicória, couve, fumo, girassol, melancia, melão, jiló, pepino, repolho, tomate, cana-de-açúcar, café

e uva (BOVI, 2013). Como o Imidacloprido é um inseticida sistêmico (incorporado em diferentes tecidos da planta), seus resíduos podem se acumular no pólen, néctar e cera, acarretando um alto risco para as abelhas. Vários países europeus, incluindo França e Itália, suspenderam tratamentos de sementes com Imidacloprido, considerando que seus resíduos são o principal fator responsável pelo declínio da população de abelhas. Em contraste, o uso de Imidacloprido é extensivo em áreas tropicais, particularmente em campos agrícolas brasileiros (TOMÉ et al., 2012).

Muitos trabalhos têm apontado os efeitos de neonicotinóides na biologia dos insetos, especialmente na das abelhas (exemplos: ARCE et al., 2018; BLACQUIÈRE et al., 2012; Manjon et al., 2018; GOÑALONS; FARINA, 2018; TOMÉ et al., 2012), porém há muito ainda a ser investigado, principalmente em relação às abelhas nativas do Brasil. Considerando que a percepção e a eventual rejeição do Imidacloprido em material de coleta de abelha (néctar, pólen ou resina) evitaria a sua contaminação, este trabalho teve por finalidade avaliar o comportamento de *M. quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836, durante o processo de busca de alimento e sua capacidade de percepção da presença de Imidacloprido em dietas artificiais.

## Material e métodos

O estudo foi realizado no Meliponário e no Laboratório de Biologia do Instituto Federal do Sul de Minas, *Campus* Poços de Caldas (21°50'16.7" S e 46°33'36.1" W). A arena de observação usada em todos os experimentos estava composta de um suporte de plástico com tampa transparente (15cm de altura x 25cm de diâmetro), tendo em seu interior 5 simuladores florais (SF) construídos a partir de frascos plásticos de 7,0cm de altura x 2,5cm de diâmetro, com flores artificiais confeccionadas a partir de papel cartão amarelo com 5 pétalas arredondadas de 1,5cm de comprimento, colocadas na parte superior do recipiente, ao redor da abertura. Na abertura foi inserido um canudo de acrílico que conduzia até o interior do frasco, onde a dieta foi colocada (nectário). Tanto o modelo experimental quanto a atratividade da cor e do formato das pétalas foram testados e aprovados anteriormente (COSTA; TEIXEIRA, 2018). Esses autores testaram diferentes simuladores florais em arena de observação similar à usada aqui e verificaram, pelo maior número de visitas, a preferência de abelhas mandacari pela cor amarela e pelo formato arredondado das pétalas.

Para cada observação, foram utilizadas seis abelhas campeiras (25 a 40 dias de vida), capturadas aleatoriamente na entrada das 12 colônias disponíveis no Meliponário (sorteadas ao acaso), com o auxílio de um frasco de plástico. As abelhas coletadas foram colocadas cuidadosamente dentro da arena, onde foram observadas continuamente pelo tempo de uma hora (60 minutos). Ao longo do processo foram registradas todas as vezes que as abelhas pousavam em um dos simuladores florais (número de visitas), todas as vezes que entravam no interior do simulador floral para encontrar o alimento (dieta) contido no fundo do recipiente (consideradas como tentativas de ingestão) e os eventos de antenação (contato de antenas entre duas ou mais abelhas).

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, buscou-se avaliar o comportamento de *M. quadrifasciata* em relação à preferência por diferentes dietas artificiais (sem Imidacloprido). Na segunda etapa, foi avaliado o comportamento de preferência ou rejeição por dietas com Imidacloprido (neonicotinóide) em diferentes concentrações. Todos os experimentos foram realizados no meliponário entre 09h e 15h, intervalo de maior atividade de forrageamento na localização do experimento (observação pessoal – dados não publicados).

## Etapa 1: Avaliação da preferência por diferentes dietas

Todas as observações aconteceram de abril a junho de 2018. Em cada um dos 5 simuladores florais, foram adicionados 5 mL de uma dieta diferente, apresentando a seguinte configuração: D1 (apenas xarope, composto de 50% de água e 50% de açúcar); D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*); D3 (50% xarope + 50% suco de limão); D4 (50% xarope + 50% aminomix®) e D5 (controle): sem alimento. O Aminomix® consiste de um complemento alimentar veterinário com todos os aminoácidos essenciais. As dietas foram escolhidas por terem sido usadas em pesquisa anterior (TEIXEIRA et al., 2017). Foram realizadas 8 observações de 60 minutos.

## Etapa 2: Avaliação da sensibilidade a diferentes concentrações de Imidacloprido

As observações ocorreram entre os meses de julho e setembro de 2018. A Dieta base utilizada foi a D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*), detectada como a de maior preferência na etapa 1. Em cada um dos simuladores florais (SF), foram adicionados 5,0 mL de dieta, com diferentes concentrações do inseticida Imidacloprido (Termidil 200 SC®, 100 mL, líquido, Dipil Industria Química – lote 002.18M- fabricado em 18/01/18 – 2 anos de validade), configurando a seguinte organização: SF 1 (xarope + 1%); SF 2 (xarope + 5%); SF 3 (xarope + 10%); SF 4 (xarope + 20%); SF 5 (controle: sem adição de Imidacloprido). Foram realizadas 8 observações de 60 minutos. As concentrações utilizadas foram bem maiores que as obtidas pelas diluições em campo, uma vez que o enfoque foi percepção/rejeição. A diluição em campo, apesar de ser variável de acordo com a cultura e substrato, dá-se por volta de 0,05% segundo a bula do produto utilizado.

## Análise Estatística

Foi utilizado o Teste de Kruskal-Wallis, considerando o grau de significância  $p \leq 0,05$  tanto para os testes com múltiplas opções quanto para “Two-sample paired” T teste, quando foram comparados os comportamentos de antenação em situação com ou sem Imidacloprido. O programa computacional BioEstat 5.3 (AYRES et al. 2007) foi utilizado para realizar as análises.

## Resultados e discussão

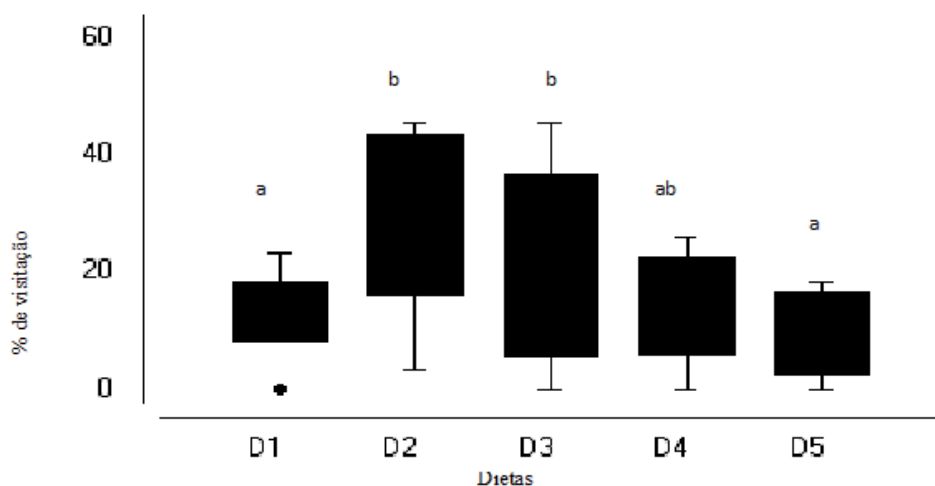
Os neonicotinóides formam um dos grupos de inseticidas mais difundidos na agricultura, possivelmente devido a sua baixa toxicidade para os mamíferos e a sua natureza sistêmica. No entanto, tem havido crescentes preocupações quanto ao seu impacto sobre os organismos não alvo (GONÑALONS; FARINA, 2018), por exemplo nas abelhas. Neste trabalho, verificamos que, apesar das abelhas mandacari apresentarem capacidade de diferenciar dietas com diferentes composições, a presença de Imidacloprido não influencia o seu comportamento de seleção de alimentos.

O ato de buscar alimento no meio ambiente chama-se forrageamento, o qual pode ser dividido em quatro fases: busca, captura, manuseio e ingestão do alimento (KREBS; DAVIES, 1996). Ao simular uma situação de forrageamento entre diferentes dietas, as abelhas apresentaram preferência por D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*) e por D3 (50% xarope + 50% suco de limão) (FIGURA 1) e um maior número de tentativas de ingestão em D2 (FIGURA 2). As dietas simulam o néctar das flores. O néctar coletado pelas operárias durante as visitas florais na natureza apresenta diferentes tipos de açúcares, como sacarose, glicose ou frutose, além de pequenas proporções de ácidos orgânicos, lipídios, minerais, vitaminas e compostos aromáticos (HARBORNE, 1994), sendo que esses últimos podem ter função de indicadores químicos no momento da coleta (atrativo/repelen-

te). Em dietas artificiais, a presença do mel possivelmente fornece os demais compostos atrativos ao açúcar, o que explicaria a preferência de visitação e ingestão pela D2 (FIGURAS 1 e 2).

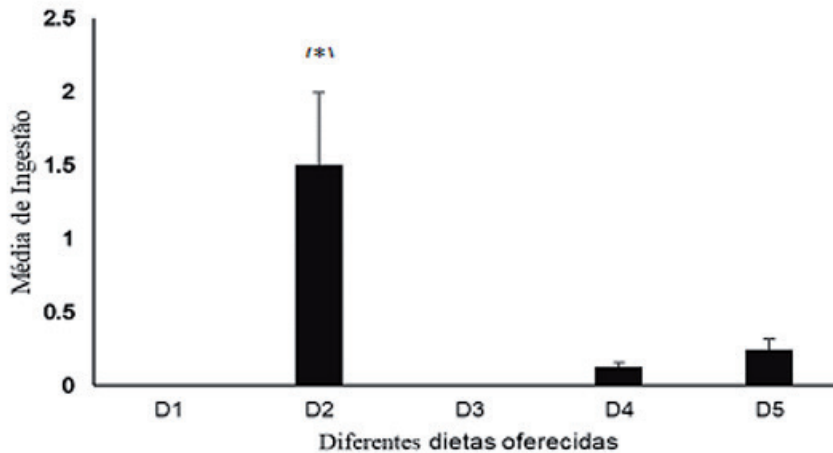
Nas abelhas, sabe-se que os receptores gustativos se encontram principalmente nas antenas e segmentos distais do primeiro par de pernas (FRINGS; FRINGS, 1949) e são essas estruturas que permitem discriminar itens comestíveis dos não comestíveis, pois são muito sensíveis à estimulação por diferentes concentrações de sacarose (HARBORNE 1994; HAUPT, 2004). Além disso, atualmente se conhece que tais cerdas gustativas também reagem a glicose, frutose, NaCl e KCl e esses compostos estão presentes no mel (SANCHEZ, 2011) e conseqüentemente na dieta preferida pelas abelhas utilizadas em nossos experimentos. Desta forma, supomos que tais compostos atrativos devem ser mais efetivos na determinação da direção e da ingestão do alimento do que a possível deterência a ser exercida pela presença de um determinado composto estranho, como os neonicotinóides.

**Figura 1** – Preferência de visitação em simuladores florais com diferentes dietas.



Relação do número médio de visitações em simuladores florais com diferentes dietas. Respectivamente D1- (apenas xarope composto de 50% de água e 50% de açúcar); D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*); D3 (50% xarope + 50% suco de limão); D4 (50% xarope + 50% aminomix®) e D5 (controle): sem alimento. Foram feitas 08 repetições. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas (Kruskal-Wallis  $p \leq 0,02$ ).

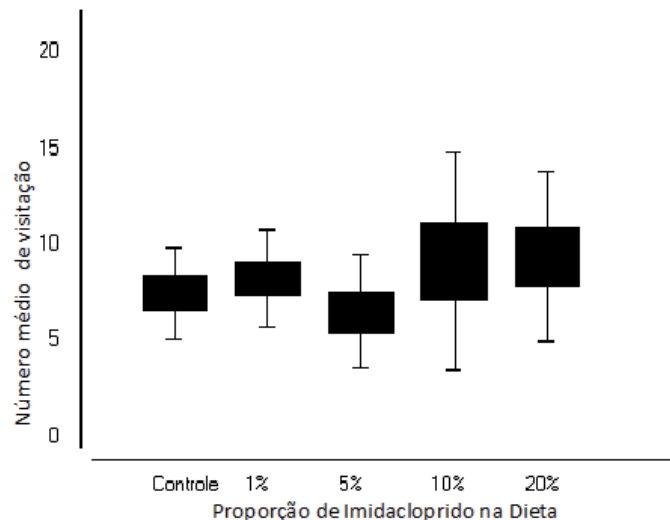
**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

**Figura 2** – Preferência de Ingestão de Diferentes Dietas.

Relação do número de tentativas de entrar nos alimentadores com diferentes dietas. Respectivamente, D1 (apenas xarope composto de 50% de água e 50% de açúcar); D2 (50% xarope + 50% mel de *A. mellifera*); D3 (50% xarope + 50% suco de limão); D4 (50% xarope + 50% aminomix®) e D5 (controle): sem alimento. Foram feitas 08 repetições. (\*) A dieta 2 obteve maior quantidade de tentativas de ingestão (Kruskal-Wallis  $p \leq 0,01$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Desta forma, as abelhas expostas a simuladores florais com a dieta D2 e Imidacloprido não apresentaram comportamento de seleção diferente entre as concentrações disponibilizadas deste composto, ou seja, não houve diferenças entre o número de visitas (FIGURA 3) e de tentativas de ingestão (FIGURA 4). É importante mencionar que todas as abelhas que entraram em contato com dietas com o inseticida morreram ainda dentro do simulador floral, independentemente da concentração na dieta (0%, 1%, 5%, 10% ou 20%).

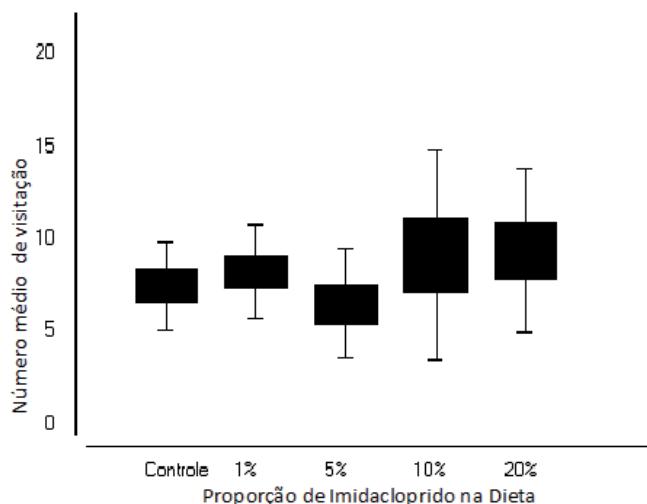
**Figura 3** – Preferência de visitação em simuladores florais com dietas com diferentes concentrações de Imidacloprido.

Relação da média/desvio do número de visitas em Simuladores Florais contendo 5,0 mL de dieta xarope e mel de *A. mellifera*, com diferentes concentrações de Imidacloprido: SF1 (1%); SF 2 (5%); SF 3 (10%); SF 4 (20%); SF 5 (controle: sem adição de Imidacloprido). Foram feitas 8 repetições (Kruskal-Wallis  $p = 0,7$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Conclui-se, desta forma, que não há rejeição pelo alimento contaminado, mesmo em dietas com alta concentração de inseticida (20%). Em relação às abelhas *A. mellifera*, é conhecido que elas não apenas ingerem alimentos com neonicotinóides, como também estão adquirindo propensão a visitar plantas com flores contaminadas (ARCE et al., 2018).

**Figura 4** – Tentativas de ingestão de dietas com diferentes concentrações de Imidacloprido.



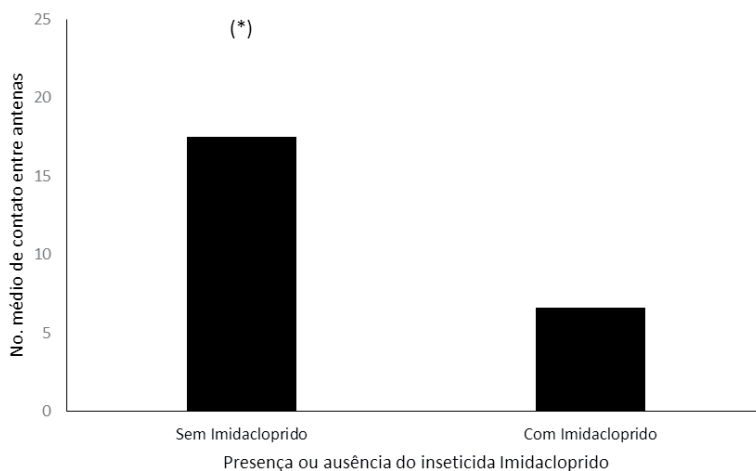
Relação do número de tentativas de ingestão do alimento tratado com diferentes concentrações de Imidacloprido. O controle não possuía inseticida, apenas a dieta composta por xarope e mel de *A. mellifera*. Foram realizadas 8 repetições (Kruskal-Wallis  $p = 0,8$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

O fato de as abelhas não reconhecerem nem rejeitarem as dietas com Imidacloprido na natureza é também apoiado por Mitchell et al. (2017), que encontraram altas concentrações do composto em méis comerciais. A ingestão de mel ou pólen contaminado pelas abelhas de uma colônia pode causar vários distúrbios no seu comportamento e fisiologia. Goñalons e Farina (2018), usando concentrações de Imidacloprido bem menores do que as encontradas nos méis comercializados, detectaram que a associação entre Imidacloprido e Glifosato no alimento das abelhas prejudica a aprendizagem olfativa e gustativa de abelhas jovens, bem como o papel desses insetos dentro da colônia e ainda prejudica a resposta positiva à sacarose (pois essas têm aumentado o seu limiar para percepção).

Entre os diferentes comportamentos exibidos pelos insetos sociais, a comunicação é crucial, principalmente na atividade de busca de alimentos. Uma das formas de comunicação entre insetos que exibem algum grau de socialidade é a antenação, ou seja, o ato de se tocarem com as antenas em um sinal tátil (MAGGENTI et al., 2005). A antenação está relacionada intimamente ao comportamento de forrageamento e especialmente à aprendizagem e à memória (TOMÉ et al., 2012). Nossos dados demonstram uma forte relação entre a presença de Imidacloprido e a atividade de antenação, pois a presença deste composto nos alimentos oferecidos promoveu um menor número de contatos entre as antenas das abelhas. Nos experimentos sem Imidacloprido foram registradas 17,5 ( $\pm 6,63$ ) antenações por hora, enquanto nas observações com Imidacloprido foi registrada uma média de 6,6 ( $\pm 3,42$ ) antenações por hora (FIGURA 5). A perda deste importante instrumento de comunicação pode afetar grandemente a sobrevivência da colmeia.

**Figura 5** - Atividade de antenação de abelhas visitando fonte de alimento artificial com ou sem Imidacloprido.



Relação da intensidade da atividade de antenação entre as abelhas observadas na ausência e na presença do Imidacloprido. Média de 16 observações de 1 hora. (\*) Os grupos foram diferentes (Two-sample paired t test  $p \leq 0,05$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

## Conclusão

Nossos ensaios mostram que operárias forrageiras de *M. quadrifasciata anthidioides* não apresentam rejeição por alimentos tratados com doses letais do inseticida Imidacloprido. Ademais, fica evidente a interferência exercida pelo Imidacloprido no comportamento de forrageamento, especificamente na comunicação das abelhas, pois este diminui significativamente a intensidade na atividade de antenação. Ambos fatores, a incapacidade das abelhas de perceber a presença do inseticida e os distúrbios na comunicação ocasionados pela sua ingestão, devem aumentar as chances de contaminação e desaparecimento das colônias destes insetos na natureza.

## Agradecimentos

Ao IFSULDEMINAS – Poços de Caldas pela bolsa de Iniciação científica PIC-NIPE concedida ao primeiro autor e por todo o apoio recebido.

## Effects of the Neonicotinoid Imidacloprid on the Feeding Behavior of *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lep.

## Abstract

Even though meliponines are among the greatest pollinating agents in Neotropical ecosystems, the populations of these bees are in decline due to anthropic actions, such as the indiscriminate use of pesticides. Neonicotinoids, such as Imidacloprid, are used in many crops and have been shown to be one of the pesticides groups with the most damaging effects on the health of bee colonies. The



goals of this work were (1) to evaluate the ability of *Melipona quadrifasciata*, a native Brazilian stingless bee species, to detect the presence of Imidacloprid in artificial diets, and (2) to evaluate how this insecticide may affect their behavior. For this purpose, behavioral experiments were carried out in observation arenas where artificial flowers containing different concentrations of Imidacloprid (0%, 1%, 5%, 10%, and 20%) were made available to forager bees and their choice and behavior were registered. Our results showed that bee choices were not affected by the different concentrations of Imidacloprid, even at extremely high doses in the flowers (20%). It was also found that the presence of this insecticide interfered with the communication between individuals as a result of reduced antennation events. Both findings, the apparent inability of bees to detect the presence of the insecticide and the change in behavior caused by the exposition to the volatilized product, may rapidly lead to colony losses in nature.

**Keywords:** Meliponini. Stingless bee. Mandaçaia. Insecticide. Antennation. Foraging.

## Referências

AIDAR, D. S. **A mandaçaia**. 2. ed. Editora Funpec. São Paulo, SP, Brasil. 162p. 2011.

ARCE, A. N.; RODRIGUES, A. R.; YU, J.; COLGAN, T. J.; WURM, Y.; GILL, R. J. Foraging bumblebees acquire a preference for neonicotinoid-treated food with prolonged exposure. **Proceedings of the Royal Society B**. Londres, v. 285, p. 1-7, ago. 2018. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org>> Acesso em: nov. 2018.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. 2007. **BIOESTAT** - Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas. Mamirauá. Belém, PA. 364 p.

BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; VAN GESTEL CA.; MOMMAERTS V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 4, p. 973-992. 2012.

BOVI, T. S. **Toxicidade de inseticidas para abelhas *Apis mellifera* L.** 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu, 2013. p. 1-21.

COSTA, L. G. L.; TEIXEIRA, I. R. V. Comportamento de *Melipona quadrifasciata* Lep. frente a diferentes dietas, cores e formas e relação entre a intensidade de sua atividade e a temperatura ambiental. JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 10., **Anais...**, Muzambinho, 2018.

COSTA, M. A.; LAMA, D. A. D.; MELO, G. A. R.; SHEPPARD, W. S. Molecular phylogeny of the stingless bees (Apidae, Apinae, Meliponini) inferred from mitochondrial 16S rDNA sequences. **Apidologie**, v. 34, p. 73-84, 2003.

FARIA, A. B. C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. **Ambiência – Revista do setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 345-358, maio/ago. 2009.

FIGUEROA-MATA, G.; PRENDAS-ROJAS, J.; RAMÍREZ-BOGANTES, M.; AGUILAR-MONGE, I.; HERRERA-GONZÁLEZ, E.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. Identificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) a partir de la clasificación de los descriptores SIFT de una imagen del ala derecha anterior. **Tecnología en Marcha**. Edición especial. Matemática Aplicada, Mayo 2016. p. 51-63.

FRINGS, H.; FRINGS, M. The loci of contact chemoreceptors in insects: a review with new evidence. **The American Midland Naturalist**. v. 41, n. 3, p. 602- 658, maio, 1949.

GOÑALONS, C. M.; FARINA, W. M. Impaired associative learning after chronic exposure to pesticides in young adult honey bees. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, p. 1-7, 2018.

HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. 4. ed. London Academic Press, 1994. 317 p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 25-45.

KREBS, J. R.; DAVIES, N. B. **Introdução à ecologia comportamental**. Atheneu Editora São Paulo, 1996.

MAGGENTI, M. A. B.; MAGGENTI, A. R.; GARDNER S. L. (Ed). **Online Dictionary of Invertebrate Zoology**. [S.l.]. 2005. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/onlinedictinvertzoology/2/>>. Acesso em: 2018.

MANJON, C.; TROCZKA, B. J.; ZAWORRA, M.; BEADLE, K.; RANDALL, E.; HERTLEIN, G.; SINGH, K. S.; ZIMMER, C. T.; HOMEM, R. A.; LUEKE, B.; REID, R.; KOR, L.; KOHLER, M.; BENTING, J.; WILLIAMSON, M. S.; DAVIES, T. G. E.; FIELD, L. M.; BASS, C.; NAUEN, R. Unravelling the Molecular Determinants of Bee Sensitivity to Neonicotinoid Insecticides. **Current Biology**, 28, 1137–1143, 2018.

MESSAGE, D.; TEIXEIRA, E. W.; DE JONG, D. Situação da Sanidade das Abelhas no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais**. São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 237-256.

MITCHELL, E. A. D.; MULHAUSER, B.; MULOT, M.; MUTABAZI, A.; GLAUSER, G.; AEBI, A. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. **Science**, v. 358, p. 109-111; 2017.

NRC - National Research Council, **Status of pollinators in North America**. Washigton, DC: National Academy of Sciences. 2006.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. p. 33-38.

SANCHEZ, M. G. B. Taste Perception in Honey Bees. **Chemical Senses**, Oxford, v. 36, n. 8, p. 675-692, out. 2011.

SILVA, F. O.; BARREIRA, H. C. S.; COSTA NETO, W.; ARAUJO, R. B.; LIMA, M. C.; ROCHA, S. A.; VIANA, B. F. **Agrotóxicos e Polinizadores: Isso combina?** Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

SOARES, H. M. **Avaliação dos efeitos do Imidaclopride sobre o sistema nervoso de *Apis mellifera* africanizada através da expressão de proteína FOS.** 2009. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências Biológicas, UNESP, Rio Claro, 2009. p. 6-15.

TEIXEIRA, I. R. V.; CRUZ, F.; CARVALHO, J.; CASTRO, R. M.; BEIJO, L. A.; BARCHUK, A. R. Physicochemical Characteristics of Honey Produced by Colonies of the Stingless bee *Melipona quadrifasciata*: Seasonal Variations and Influence of Food Supplementation. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 6, ago 2017.

TOMÉ, H. V. V.; MARTINS, G. F.; LIMA, M. A. P.; CAMPOS, L. A. O.; GUEDES, R. N. C. Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **PLoS ONE**, v. 7, n. 6. DOI: 10.1371/journal.pone.0038406. 2012.

VENTURIERI, G. C.; ALVES, D. A.; VILLAS-BÔAS, J. K.; CARVALHO, C. A. L.; MENEZES, C.; VOLLETT-NEO, A.; CONTRERA, F. A. L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Meliponicultura no Brasil: Situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços ambientais.** São Paulo: Editora da USP, 2012. p. 213-236.

VILLAS-BÔAS, J. K. **Manual tecnológico: mel de abelhas sem ferrão.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. p. 11-25.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P. **Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponídeos).** Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014. p. 19-57.

**Submetido em:** 19/02/2019

**Aceito em:** 04/06/2019