

Bioinseticidas e diversidade de abelhas nativas no cultivo do tomateiro

Bioinsetisid and diversity of native bees in tomato crops

Samoel Monteiro de Oliveira¹; Ricardo Oliveira Rosa²; Flávia Monteiro Coelho Ferreira³

RESUMO: O uso de inseticidas tem se mantido como base do manejo de insetos herbívoros por mais de 70 anos, e é crescente a demanda por bioinseticidas na expectativa de que esses sejam uma alternativa sustentável eficiente no controle desses herbívoros. Entretanto, conhecer os efeitos de bioinseticidas sobre espécies polinizadoras das plantas cultivadas é fator essencial para que seja assegurado o serviço de polinização e principalmente a saúde das espécies. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos bioinseticidas, extrato de Nim (*Azadirachta indica*) e DiPel (*Bacillus thuringiensis*) sobre as abelhas visitantes de flores de tomateiro. Realizou-se o plantio de mudas de tomateiro dos cultivares Pizzadoro e Santyno em três blocos. Cada bloco recebeu um tratamento: Nim, DiPel e testemunha. Foram coletados 111 indivíduos de abelhas, distribuídos entre sete espécies: *Trigona spinipes*, *Apis mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Bombus morio*, *Augochloropsis* spp. Os resultados sugerem que os bioinseticidas não exercem efeito repelente ou letal sobre as abelhas e possivelmente o extrato de Nim funcione como atrativo para esses polinizadores.

PALAVRAS-CHAVE: *Azadirachta indica*; *Bacillus thuringiensis*; polinizadores.

ABSTRACT: The use of insecticides has remained the mainstay of herbivorous arthropod management for more than 70 years and is growing up the demand by bioinsecticides expecting that this will be a sustainably alternative top pest control. Knowing the effects of bioinsecticides on pollinating species is an essential factor in ensuring the pollination service and especially the health of the species. This work had as objective to evaluate the effect of the bioinsecticides, Nim extract (*Azadirachta indica*) and DiPel (*Bacillus thuringiensis*) on the bees visitors of flowers of tomato. Planting of tomatoes of the Pizzadoro and Santyno cultivars was carried out in three blocks. Each block received a treatment; Nim, DiPel and control. A total of 111 bees were collected, distributed among seven species: *Trigona spinipes*, *Apis mellifera*, *Exomalopsis* sp, *Bombus morio*, *Augochloropsis* spp. The result suggests that the bioinsecticides does not exerce repelent or letal effect on bees and that the Nim extract possible exerts an attractive function for pollinators.

KEYWORDS: *Azadirachta indica*; *Bacillus thuringiensis*, pollinators.

¹ Bacharel em Agroecologia, Instituto Federal do Sudeste de Minas – campus Rio Pomba. E-mail: tho.tty@hotmail.com

² Mestrando em Agroecologia, Universidade Federal de Viçosa. E-mail: ricardo.ifsudestemg@gmail.com

³ Professora em Universidade Federal de Viçosa – Colégio de Aplicação/COLUNI. E-mail: flavia.mferreira@ufv.br

AGRADECIMENTOS:

Ao IF Sudeste MG – campus Rio Pomba, à FAPEMIG e ao CNPQ pelo suporte logístico e financeiro para o desenvolvimento do trabalho.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande importância no cenário agrícola mundial e tem a maior parte de sua produção agropecuária dependente de insumos e produtos químicos ou de origem sintética (SAMBUICHI et. al., 2012).

Dentre as olerícolas, a cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.; Solanaceae) é a segunda mais produzida e comercializada em todo o mundo, perdendo apenas para a batata (*Solanum tuberosum* L.). O cultivo convencional desta espécie é comumente relacionado ao uso intenso de agrotóxicos devido à alta incidência de pragas e doenças, muitas das quais intimamente relacionadas ao ambiente de cultivo (MOURA- ANDRADE et. al., 2010; CAMARGO E CAMARGO, 2017).

A larga utilização de agrotóxicos na produção agropecuária vem trazendo uma série de transtornos e modificações para o ambiente, seja pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, e/ou pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (MACHADO, 2007; MACHADO & DOS SANTOS, 2017).

Quanto ao manejo de artrópodes-praga, o uso de inseticidas tem se mantido como base desse processo por mais de 70 anos (METCALF, 1980; COOPER & DOBSON, 2007). Isso apesar das controvérsias que cercam essa prática, especialmente no que se refere ao nível de segurança desses compostos para a saúde do homem e do ambiente (DIAMAND, 2003; MATSUMURA, 2004; COOPER & DOBSON, 2007; EDWARDS-JONES, 2008; MATTHEWS, 2008; MOSTAFALOU & ABDOLLAHI, 2013; NICOLOPOULOU-STAMATI et al., 2016; KIM et al., 2017).

Importante ressaltar que ainda que utilizados no manejo de espécies praga, os inseticidas podem afetar uma grande diversidade de outras espécies essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas agrícola. Espécies responsáveis por funções ecológicas como a polinização e o controle natural de pragas.

Os polinizadores estão entre os componentes essenciais para o funcionamento dos ecossistemas em geral. Para a produção agrícola, a polinização é considerada um serviço ecossistêmico regulatório, onde flores bem polinizadas produzem mais frutos de melhor qualidade. (GALLAI et al., 2009; IMPERATRIZ-FONSECA & NUNES-SILVA, 2010; SOUZA MORETTI et al, 2021).

Para espécies da família Solanaceae, como, por exemplo, o Tomate (*Solanum lycopersicum*), a Beringela (*Solanum melongena* L.), Pimentas e Pimentões (*Capsicum annuum* L.), a polinização é realizada por vibração (NUNES-SILVA, 2010; MACHADO & DOS SANTOS, 2017), atividade desempenhada pelo grupo das abelhas. Silva-Neto et al. (2017), verificaram uma alta diversidade de

abelhas polinizando cultivos de tomateiro no Brasil central, destacando 30 espécies como polinizadoras efetivas para essa cultura.

O uso de agrotóxicos tem sido responsabilizado pela redução das populações de muitas espécies de abelhas (DEL SARTO et al., 2009; PINHEIRO & FREITAS, 2010; POTTS et al. 2010; GOULSON et al., 2015; SÁNCHEZ-BAYO et al., 2016; KLECZKOWSKI et al., 2017), comprometendo a produção de frutos e conseqüentemente a diversidade de espécies nativas e a produtividade de espécies cultivadas .

Um desafio contemporâneo é o desenvolvimento de novos inseticidas, com melhor perfil toxicológico e ecotoxicológico (NAUEN & BRETSCHNEIDER, 2002; PRICE & WATKINS, 2003; GILBERT & GILL, 2010; CASIDA & DURKIN, 2013). Nesse cenário, bioinseticidas ou inseticidas de origem natural, têm recebido grande atenção e já representavam 6,5% dos pedidos de registro nos EUA entre 1997-2010 (CARLINI & GROSSI-DE-SÁ, 2002; KIDD, 2003; ISMAN, 2006; AVERY, 2007).

Produtos naturais têm mostrado valor na proteção de plantas, seja como inseticida *per se*, seja como base estrutural para a síntese de novas moléculas inseticidas (COPPING, 2000; CANTRELL et al., 2013).

A percepção que permeia o público geral e particularmente os agentes de certificação orgânica, é de que inseticidas naturais são mais seguros e poderiam se beneficiar de sistemas mais ágeis e simples de registro devido à sua origem. Entretanto, a origem do composto tem sido fato irrelevante ao seu potencial toxicológico e a ênfase nessa peculiaridade, ao invés de sua toxicidade e risco toxicológico, é preocupante (COATS, 1994; KIDD, 2000; HARRIGAN et al., 2002; LYNCH, 2009, GUPTA & DIKSHIT, 2010).

Um importante agente inseticida é a bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) (SCHNEPF et al., 1998; ROH et al., 2007). Segundo Galzer (2016), o patógeno é uma ferramenta alternativa para o controle biológico visando o manejo de insetos-praga de forma segura ao ser humano e ao meio ambiente.

Atualmente, o extrato de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) também tem sido bastante utilizado como inseticida. Essa espécie apresenta grande número de metabólitos secundários com atividade biológica, sendo a azadiractina considerada de maior importância ecológica. A azadiractina foi um dos primeiros princípios ativos a serem isolados do Nim e atribuí-se a ela cerca de 90% dos efeitos inseticidas da espécie (GARCIA, 2000; MOSSINI & KEMMELMEIER, 2005, DEBASHRI & TAMAL, 2012).

O presente trabalho teve como objetivos: (1) identificar as espécies de abelhas visitantes de flores de tomateiro e potenciais polinizadoras nos cultivares Pizzadoro e Santyno e (2) avaliar o

efeito dos bioinseticidas extrato de Nim (*Azadirachta indica*) e DiPel (*Bacillus thuringiensis*) sobre a comunidade de abelhas visitantes nesses cultivares.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG) *campus* Rio Pomba, no município de Rio Pomba - MG, entre os meses de junho e setembro de 2016.

A área de estudo encontra-se no domínio da Mata Atlântica e está inserida em uma paisagem dominada por pastagens, áreas agrícolas e pequenos fragmentos de mata remanescentes, onde predominam pequenas propriedades rurais destinadas a atividades de pecuária leiteira e agricultura familiar.

O experimento foi conduzido no setor de agricultura do IF Sudeste MG em uma área destinada ao cultivo de plantas anuais, onde atualmente utiliza-se apenas tecnologias de manejo agroecológico.

Após o preparo do solo, realizou-se o transplante de mudas de tomateiro das variedades Pizzadoro e Santyno, em três blocos separados entre si por uma distância de 10 metros. Cada bloco constitui-se de 100 mudas, 50 de cada cultivar, distribuídas em quatro linhas alternadas por cultivar, contendo 25 plantas cada. O espaçamento utilizado foi de 0,5m X 1,2m (60m²/bloco), totalizando uma área de 437,5m². Cada bloco foi posteriormente utilizado para um tratamento, o primeiro recebeu extrato de Nim (*A. indica*), o segundo DiPel (*B. thuringiensis*) e o terceiro foi utilizado como testemunha.

MANEJO DA CULTURA

Dada a sensibilidade do cultivo do tomateiro a pragas e doenças, fez-se necessário a adoção de estratégias de manejo agroecológico a fim de garantir um mínimo de sanidade às plantas, para que se pudesse avaliar a diversidade de abelhas polinizadoras. Nesse sentido, foram utilizados o extrato da folha de Nim, diluído em água na proporção de 1:100 e a calda bordalesa nas fases iniciais de crescimento da planta.

O extrato de Nim foi aplicado a partir do 7º dia após o transplante das mudas para o campo e semanalmente até 30 dias antes das coletas de abelhas. O uso desse bioinseticida foi crucial para o controle de insetos-pragas, principalmente a vaquinha (*Diabrotica speciosa*) que se alimenta das folhas, diminuindo a atividade fotossintética da planta, afetando sua produtividade (MIGLIORINI et al., 2010; BOIÇA JR. et al., 2017).

A aplicação da calda bordalesa teve início na segunda semana após o transplante, sendo realizada duas vezes por semana durante 30 dias. Essa calda é composta de sulfato de cobre, cal hidratada ou cal virgem e água, em simples mistura na proporção de 1:1. E, foi utilizada na prevenção e controle de doenças relacionadas a fungos e bactérias.

Após esse período de manejo de pragas e doenças, suspendeu-se por 30 dias a aplicação de qualquer solução, garantindo-se apenas a irrigação, para que nenhuma estratégia de manejo da cultura pudesse afetar a pesquisa.

COLETA DE DADOS E TRATAMENTOS

O estudo de diversidade da fauna de abelhas ocorreu em três períodos de amostragem durante a floração da cultura.

No dia 08 de setembro realizou-se a primeira coleta de abelhas, ainda sem os tratamentos, para identificar a fauna de abelhas visitantes das flores.

Uma semana após, foi aplicado extrato de Nim em um dos blocos e DiPel em outro, ficando o último para testemunha. A aplicação ocorreu no período da manhã entre 07 e 08 horas, e em seguida foi realizada a segunda coleta de visitantes que se estendeu ao longo do dia até o final do período de atividade das abelhas.

Por fim, a terceira coleta foi realizada na semana seguinte à aplicação do Nim e do DiPel, afim de verificar como a fauna de abelhas responderia após um intervalo da aplicação.

A coleta de abelhas foi realizada durante deslocamentos contínuos em torno das plantas com flor dentro da área de estudo. As abelhas foram coletadas utilizando-se rede entomológica durante os primeiros 30 min de cada hora, a partir da antese até o fechamento das flores.

As abelhas coletadas foram mortas em câmaras contendo acetato de etila, montadas em alfinete entomológico, etiquetadas e identificadas a partir de chaves de identificação disponíveis (SILVEIRA & ALMEIDA, 2002; RASMUSSEN, 2004). Para cada indivíduo coletado foram registrados o local, o tratamento, o coletor, o horário e a data de coleta. As abelhas coletadas foram depositadas na coleção do Laboratório de Ecologia do IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba.

Para identificação dos potenciais polinizadores, as abelhas foram observadas durante o voo e em visitas às flores estaminadas e perfeitas, quanto ao seu comportamento de forrageamento e o recurso que estavam coletando (pólen e/ou néctar). Considerou-se possível polinizador aquele que teve contato com as anteras e estigmas das flores durante a coleta de recursos florais. O comportamento de forrageamento foi registrado por meio de observações, fotografias e filmagens.

ANÁLISE DOS DADOS

Após realizar a identificação das abelhas, a diversidade de espécies foi comparada entre os tratamentos através de Análise de Variância a 10% de significância (ANOVA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 111 indivíduos, distribuídos entre sete espécies: *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Apis mellifera* (Lepeletier, 1836), *Exomalopsis* sp (Spinola, 1853), *Bombus morio* (Latreille, 1802), *Augochloropsis* sp1, *Augochloropsis* sp2 e *Augochloropsis* sp3 (Cockerell, 1897).

A espécie dominante foi *T. spinipes*, com uma abundância de 33 indivíduos (29,73%). Em estudo realizado por Moraes (2014), a espécie dominante foi *Exomalopsis* sp. Das sete espécies de abelhas registradas, cinco foram classificadas como polinizadores efetivos (n = 51) devido ao fato de coletarem pólen através da vibração das anteras. Foram elas: *Exomalopsis* sp, *B. morio*, *Augochloropsis* sp1, *Augochloropsis* sp2, *Augochloropsis* sp3.

Dentre polinizadores efetivos, a maioria das espécies foi classificada como pouco frequente, ocasional ou rara. A espécie *Exomalopsis* sp foi a mais representativa, sendo (n = 22) a terceira espécie mais abundante e representando 43,13% dos polinizadores efetivos, seguida de *Augochloropsis* sp1(21,57%), *Augochloropsis* sp2 (19,6%), *B. morio* (13,7%) e *Augochloropsis* sp3 (2%) (Tabela 1).

Tabela 1. Número de indivíduos coletados (N) por espécie de abelha em flores de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.).

Espécie	N
<i>Trigona spinipes</i>	33
<i>Apis mellifera</i>	27
<i>Exomalopsis</i> sp	22
<i>Augochloropsis</i> sp1	11
<i>Augochloropsis</i> sp2	10
<i>Bombus morio</i>	7
<i>Augochloropsis</i> sp3	1

Fonte: Oliveira, 2016

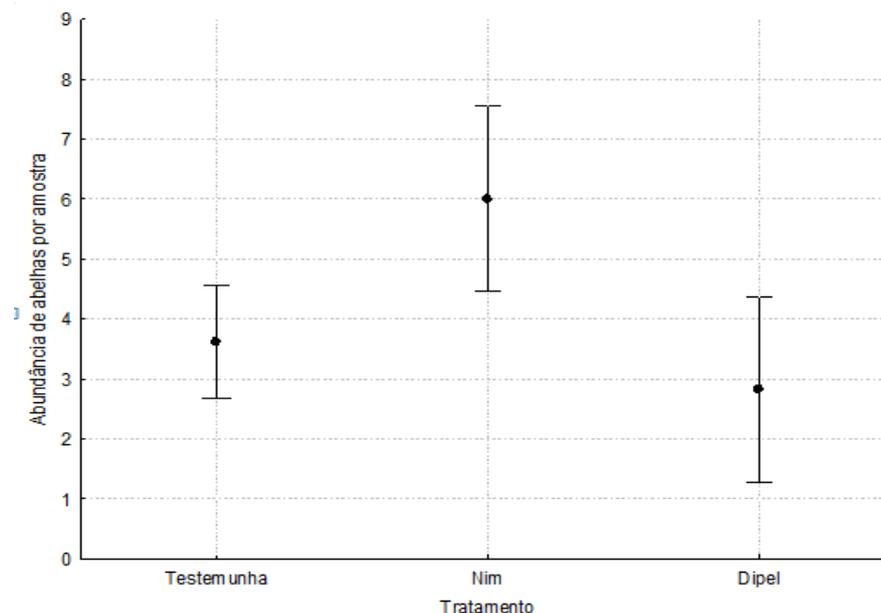
Os polinizadores efetivos e os pilhadores de pólen representaram 45,05% e 54,05% da abundância total de abelhas, respectivamente (Tabela 1).

T. spinipes e *A. mellifera* foram classificadas como “pilhadoras” ($n = 60$) já que coletavam pólen sem vibrar as anteras das flores, muitas vezes cortando parte das peças florais com suas mandíbulas, comportamento frequente em *T. spinipes*.

Santos et al., em trabalho realizado em 2014, observaram que quando *A. mellifera* coletava pólen, inseria a glossa dentro do orifício apical das anteras, ocorrendo a aderência de grãos de pólen na cabeça. Dessa maneira, eventualmente encostavam no estigma da flor, o que sugere que *A. mellifera* seja um potencial polinizador do tomateiro.

No tratamento com Nim a abundância de abelhas foi maior comparada à testemunha e ao tratamento com DiPel ($F(2, 14) = 3,24$, $p = 0,07$). O resultado sugere que o extrato de Nim, além de não ter efeito repelente sobre as abelhas, pode funcionar como atrativo para os eventuais polinizadores do tomate. Os mesmos resultados demonstram que o DiPel não possui efeito repelente para as abelhas (Figura 1).

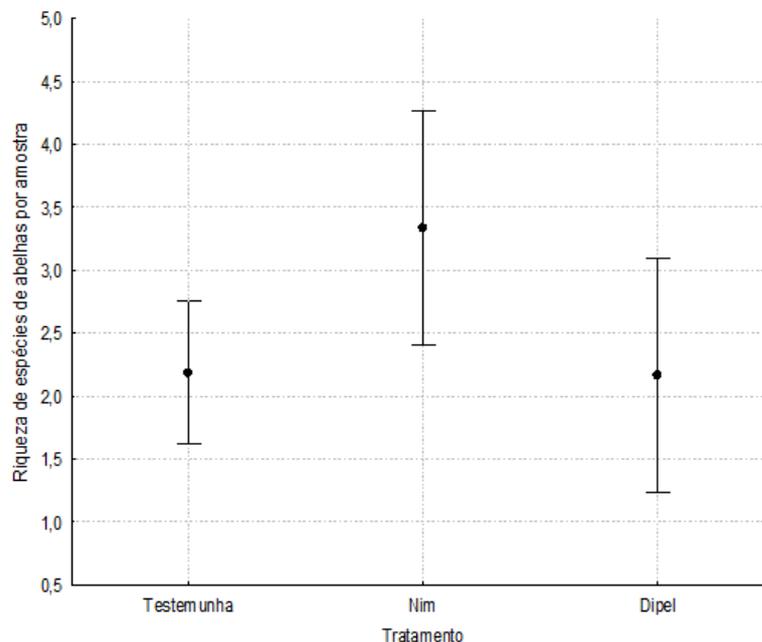
Figura 1. Abundância de abelhas no cultivo de tomate em três tratamentos para bioinseticidas (Testemunha, Nim e DiPel). Os pontos representam as médias e as barras os intervalos de confiança a 95%.



Fonte: Oliveira, 2016

Quanto à riqueza de espécies, no tratamento com Nim o número de espécies de abelhas foi maior que na testemunha e no tratamento com DiPel ($F(2, 25) = 2,55$, $p = 0,10$) (Figura 2).

Figura 2. Riqueza de espécies de abelhas no cultivo de tomate em três tratamentos para bioinseticidas (Testemunha, Nim e DiPel). Os pontos representam as médias e as barras os intervalos de confiança a 95%.



Fonte: Oliveira, 2016

O uso do bioinseticida *A. indica*, produzido a partir da folha do Nim, não apresentou efeito repelente para abelhas no cultivo do tomate. Amaral (2011) reforça que os produtos à base de Nim, não apresentam efeito tóxico sobre operárias forrageiras de *A. mellifera*, podendo ser uma das alternativas viáveis no controle de pragas em plantios com presença desse polinizador. Em estudo realizado por Bernardes et al. (2017) com as espécies *Melipona quadrifasciata* e *Partamona helleri*, verificou-se que o bioinseticida *A. indica* não afetou as taxas de mortalidade, voo e respiração de operárias, entretanto induziu um efeito anti-alimentação sobre as espécies. Para esses autores a suscetibilidade à azadiractina varia com a espécie, exposição e a concentração do bioinseticida, efeito também comprovado para *A. mellifera* por Amaral et al. (2015). Em estudo realizado por Xavier (2009), o bioinseticida apresentou efeito tóxico sobre as abelhas *A. mellifera* e *Tetragonisca angustula*, resultado semelhante ao encontrado por Barbosa et al. (2015, 2015) para *M. quadrifasciata* e para *Bombus terrestris*. Tais resultados demonstraram que o bioinseticida pode oferecer risco para espécies nativas de polinizadores, com efeitos letais e sub-letais.

Já em estudos com *B. thuringiensis*, Malone (1999), demonstrou que abelhas *A. mellifera* alimentadas com um alimento à base de pólen contendo vários aditivos de *B. thuringiensis* não tiveram o tempo de sobrevivência alterado e a taxa de consumo do alimento não diferiu do tratamento controle, exceto para DiPel a 1%, que afetou tanto a taxa de sobrevivência quanto a de consumo do alimento. Libardoni et al. (2018), entretanto, verificaram uma redução na longevidade

de operárias de *A. mellifera* tanto em tratamento alimentar como em abelhas tratadas com spray BT IPS 82. Em um trabalho semelhante realizado por Siqueira (2008), a ingestão da proteína Cry1Ac, endotoxina produzida pelo *B. thuringiensis* durante a esporulação, não alterou a sobrevivência, o tamanho e o tempo de desenvolvimento de *T. spinipes* e de *A. mellifera*. Duas linhagens de *B. thuringiensis* também não afetaram o desenvolvimento de larvas e adultos de *A. mellifera* em diferentes concentrações no controle da varroa (*Varroa destructor*) (ALQUISIRA-RAMÍREZ et al., 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos bioinseticidas Nim (*A. indica*) e DiPel (*B. thuringiensis*) para o controle de pragas no tomateiro não exerceram efeito negativo sobre a diversidade de abelhas polinizadoras da cultura, entretanto vários estudos comprovam que o uso desses bioinseticidas pode oferecer risco às abelhas, uma vez que efeitos letais e sub letais tem sido verificados. Assim, mais estudos sobre estes e outros bioinseticidas se fazem necessários, afim de garantir não apenas a segurança da saúde das abelhas polinizadoras, mas a segurança alimentar de forma geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALQUISIRA-RAMÍREZ, E. V.; PEÑA-CHORA, G.; HERNÁNDEZ-VELÁZQUEZ, V. M. et al. Effects of *Bacillus thuringiensis* strains virulent to *Varroa destructor* on larvae and adults of *Apis mellifera*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.142, p.69-78, 2017.

AMARAL, R. L. **Effect of neen formulations on the survival of *Apis mellifera* workers**. 2011. 30f. Dissertação (Mestrado em Ciência Entomológica; Tecnologia Entomológica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011

AMARAL, R. L.; VENZON, M.; MARTINS FILHO, S. et al. Does ingestion of neem-contaminated diet cause mortality of honey bee larvae and foragers? **Journal of Apicultural Research**, v.54, n.4, p.405-410, 2015.

EVERY, A. A. Organic pesticide use: What we know and don't know about use, toxicity, and environmental impacts. In: **Crop protection products for organic agriculture**. Washington, D C. American Chemical Society. p. 58-77, 2007.

BARBOSA, W. F.; DE MEYER, L.; GUEDES, R. N. C. et al. Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). **Ecotoxicology**, v.24, n.1, p.130-142, 2015.

BARBOSA, W. F.; TOMÉ, H. V. V.; BERNARDES, R. C. et al. Biopesticide-induced behavioral and morphological alterations in the stingless bee *Melipona quadrifasciata*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.34, n.9, p.2149-2158, 2015.

BERNARDES, R. C.; TOMÉ, H. V.; BARBOSA, W. F. et al. Azadirachtin-induced antifeeding in neotropical stingless bees. **Apidologie**, v.48, n.3, p.275-285, 2017.

BOIÇA JR, A. L. et al. Formulas de nim para el control de larvas de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) en maiz. **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 43, n. 2, p. 245-251, 2017.

CAMARGO, W. P.; CAMARGO, F. P. A quick review of the production and commercialization of the main vegetables in Brazil and the world from 1970 to 2015. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 160-166, 2017.

CANTRELL, C. L.; DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Natural products as sources for new pesticides. **Journal of Natural Products**, v.75, n.6, p.1231-1242, 2012.

CARLINI, C. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides. **Toxicon**, v.40, n.11, p.1515-1539, 2002.

CASIDA, J. E.; DURKIN, K. A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. **Annual Review of Entomology**, v.58, p.99-117, 2013.

COATS, J. R. Risks from natural versus synthetic insecticides. **Annual Review of Entomology**, v.39, n.1, p.489-515, 1994.

COOPER, J.; DOBSON, H. The benefits of pesticides to mankind and the environment. **Crop Protection**, v.26, n.9, p.1337-1348, 2007.

COPPING, L.G.; KHAMBAY, B. P. S. Are natural products still a source of innovation in crop protection? **Pesticide Outlook**, v. 11, n. 1, p. 24-24, 2000.

DEBASHRI, M.; TAMAL, M. A Review on efficacy of *Azadirachta indica* A. Juss based biopesticides: An Indian perspective. **Research Journal of Recent Sciences**, v.1, n.3, p.94-99, 2012.

DEL SARTO, M. C. L. **Toxicidade de inseticidas para as abelhas *Melipona quadrifasciata* e *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)**. 2009. 75f. Tese de doutorado em Entomologia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

DIAMAND, E. Breaking the pesticide chain. **Pesticide Outlook**, v.14, n.4, p.153-154, 2003.

EDWARDS-JONES, G. Do benefits accrue to ‘pest control’ or ‘pesticides?’: A comment on Cooper and Dobson. **Crop Protection**, v.27, n.6, p.965-967, 2008.

GALLAI, N.; SALLES, J.; SETTELE, J. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v.68, n.3, p.810-821, 2009.

GALZER, E. C. W.; AZEVEDO FILHO, W. S. Utilização do *Bacillus thuringiensis* no controle biológico de pragas. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v.1, n.1, p.13-16, 2016.

GARCIA, J.L.M. O nim indiano: o bioprotetor natural. Série Agricultura Alternativa. 2000. In:<https://tudosobreplantas.wordpress.com/2012/02/03/o-nim-indiano-o-bioprotetor-natural/> (acessado em 18 de Novembro de 2021).

- GILBERT, L. I.; GILL, S. S. **Insect control. Biological and synthetic agents**. San Diego: Academic Press, 2010. 451p.
- GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C. et al. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v.347, n.6229, p.1255957, 2015.
- GUPTA, S.; DIKSHIT, A. K. Biopesticides: An ecofriendly approach for pest control. **Journal of Biopesticides**, v.3, n. Special Issue, p.186-189, 2010.
- HORRIGAN, L.; LAWRENCE, R. S.; WALKER, P. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. **Environmental Health Perspectives**, v.110, n.5, p.445-456, 2002.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.59-62, 2010.
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, n.1, p.45-66, 2006.
- KIDD, H. Human exposure to pesticide residues, natural toxins and GMOs-real and perceived risks. **Pesticide Outlook**, v.11, n.6, p.215-216, 2000.
- KIDD, H. Biocidal Products-an introduction. **Pesticide Outlook**, v.14, n.2, p.65-66, 2003.
- KIM, K. H.; KABIR, E.; JAHAN, S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science of The Total Environment**, v. 575, n. 1, p.525-535, 2017.
- KLECZKOWSKI, A.; ELLIS, C.; HANLEY, N. et al. Pesticides and Bees: ecological-economic modelling of bee populations on farmland. **Ecological Modelling**, v.360, n.1, p.53-62, 2017.
- LIBARDONI, G.; DE GOUVEA, A.; COSTA-MAIA, F. M. et al. Effect of different *Bacillus thuringiensis* strains on the longevity of Africanized honey bee. Semina: **Ciências Agrárias**, v.39, n.1, p.329-338, 2018.
- LYNCH, D. Environmental impacts of organic agriculture: A Canadian perspective. **Canadian Journal of Plant Science**, v.89, n.4, p.621-628, 2009.
- MACHADO, L. A.; SILVA, V. B.; OLIVEIRA, M.M. **Uso de extratos vegetais no controle de pragas em horticultura**. *Biológico*, São Paulo, v.69, n.2, p.103-106, 2007.
- MACHADO, E. L.; DOS SANTOS, P. C. Food contaminated by pesticides: a brazilian situation overview. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.19, n.2, p.75-83, 2017.
- MALONE, L. A.; BURGESS, E. P. J.; STEFANOVIC, D. Effects of a *Bacillus thuringiensis* toxin, two *Bacillus thuringiensis* biopesticide formulations, and a soybean trypsin inhibitor on honey bee *Apis mellifera* L. survival and food consumption. **Apidologie**, v.30, n.6, p.465-473, 1999.
- MATSUMURA, F. Contemporary issues on pesticide safety. **Journal of Pesticide Science**, v.29, n.4, p.299-303, 2004.

MATTHEWS, G. A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products. A survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Protection**, v.27, n.3-5, p.834-846, 2008.

METCALF, R. L. Changing role of insecticides in crop protection. **Annual Review of Entomology**, v.25, n.1, p.219-256, 1980.

MIGLIORINI, Patricia; LUTINSKI, Junir Antonio; GARCIA, F. R. M. Eficiência de extratos vegetais no controle de *Diabrotica speciosa* (Germar,1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), em laboratório. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 83-89, 2010.

MORAES, M. C. M. **Uso de Abelhas sem Ferrão (Hymenoptera, Apidae: Meliponini) na polinização do tomate cereja cultivado em casa de vegetação**. 2014. 39 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim *Azadirachta indica* A. Juss múltiplos usos. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 24, n.1, p.139-48, 2005.

MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v.268, n.2, p.157-177, 2013.

MOURA-ANDRADE, G. C. R.; OETTERER, M.; TORNISIELO, V. L. O tomate como alimento-cadeia produtiva e resíduos de agrotóxicos. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 20, 2010.

NAUEN, R.; BRETSCHNEIDER, T. New modes of action of insecticides. **Pesticide Outlook**, v.13, n.6, p.241-245, 2002.

NICOLOPOULOU-STAMATI, P.; MAIPAS, S.; KOTAMPASI, C. et al. Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture. **Frontiers in Public Health**, v.4, p.148, 2016.

NUNES-SILVA, P.; HNR CIR, M.; VERTURIERI, G. C. et al. O potencial das abelhas *Melipona* na polinização por vibração, considerando as características físicas da vibração. In: **IV Encontro sobre Abelhas**, 2010. Anais. v.43, p.76-84, 2010.

OLIVEIRA, S. M. **Bioinseticidas e Diversidade de Abelhas no Cultivo de Tomateiro**. 2016. 39 f. Monografia de conclusão de curso (bacharelado em Agroecologia) – Instituto Federal do Sudeste de Minas, campus Rio Pomba, Rio Pomba, 2016.

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

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v.25, n.6, p.345-353, 2010.

PRICE, N. R.; WATKINS, R. W. Quantitative structure-activity relationships (QSAR) in predicting the environmental safety of pesticides. **Pesticide Outlook**, v.14, n.3, p.127-129, 2003.

RASMUSSEN, C. Bees from Southern Ecuador. En el sur del Ecuador. **Lyonia: A Journal of Ecology and Application**, v.7, n. 2, p. 29-35, 2004.

ROH, J. Y.; CHOI, J. Y.; LI, M. S. et al. *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.17, n.4, p.547, 2007.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M.A.C.; SILVA, A.P.M.; LUEDEANN, G. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA. -Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2012.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; GOULSON, D.; PENNACCHIO, F. et al. Are bee diseases linked to pesticides? A brief review. **Environment International**, v.89, p.7-11, 2016.

SANTOS, A. O. R.; BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. **Journal of Economic Entomology**, v.107, n.3, p.987-994, 2014.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N. V.; VAN RIE, J. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.62, n.3, p.775-806, 1998.

SILVA-NETO, C. M.; BERGAMINI, L. L.; ELIAS, M. A. S. et al. High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops. **Brazilian Journal of Biology**, v.77, n.3, p.506-513, 2017.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A.; ALMEIDA, E. A. **Abelhas brasileiras. Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 2002. 254p.

SIQUEIRA, M. A. L. **Biossegurança da proteína Cry1Ac, sintetizada pelo algodão geneticamente modificado, em abelhas indígenas sem ferrão e africanizadas**. 2008. 93f. Tese (Doutorado em Entomologia). Viçosa, MG: UFV, 2008.

SOUZA MORETTI, E. M.; DA SILVEIRA REIS, T. E.; REIS, L. C. Valoração dos Serviços Ambientais: a importância da polinização como gestão ambiental nas áreas agrícolas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 75357-75377, 2021.

XAVIER, V. M. **Impacto de inseticidas botânicos sobre *Apis mellifera*, *Nannotrigona testaceicornis* e *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae)**.2009. 43f. (Dissertação de mestrado). Viçosa, MG: UFV, 2009.