Multidisciplinary Sciences Reports

Revisão

# IMPACTOS DE ESTRESSORES QUÍMICOS EM DUAS ESPÉCIES DE ABELHAS EUSSOCIAIS POLINIZADORAS: REVISÃO

## IMPACTS OF CHEMICAL STRESSORS ON TWO SPECIES OF POLLINATING EUSOCIAL BEES: REVIEW

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Maiara Janine Machado Caldas | mayjanine4@gmail.com |
| 2 | Jefferson Alves dos Santos | jefferson.agroeco@gmail.com |
| 2 | Jaíne Santos Rebouças | jainedossantos27@gmail.com |
| 1 | Emmanuel Emydio Gomes Pinheiro | emmanuel.pinheiro@gmail.com |
| 3 | Joilson Santana Conceição | joilsonsantana11@gmail.com |
| 3 | Erislan Fonseca Santos | erislanfsantosagro@gmail.com |
| 4 | Irana Paim Silva | anaripaim@gmail.com |
| 5 | Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa | mapcosta63@gmail.com |
| 5 | Carlos Alfredo Lopes de Carvalho | calfredo@ufrb.edu.br |

1 Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
2 Discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
3 Discente de Graduação do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
4 Doutora em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
5 Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Mult. Sci. Rep. 2023; v. 3 n. 4 / ISSN: **2764-0388**
DOI: https://doi.org/10.54038/ms.v3i4.53
Submetido: 27 Junho 2023 – Aceito: 04 Setembro 2023

**RESUMO**

As abelhas sociais são os agentes polinizadores eficientes em diversas espécies vegetais, contribuindo na produção agrícola, preservação e conservação do meio ambiente. Entretanto, as ações antrópicas estão afetando o equilíbrio e a sobrevivência desses insetos. Dentre as ações, o uso excessivo de agrotóxico tem impactado negativamente as populações de abelhas, uma vez que elas entram em contato direto com esses estressores ao forragear recursos para a manutenção dos seus ninhos e colônias. O contato com agrotóxicos tem impactado as abelhas de uma forma geral e, particularmente, as abelhas sociais, comprometendo tanto o serviço ecossistêmico da polinização, quanto a produção das colônias. A exposição das abelhas aos agrotóxicos pode ser por meio de ingestão do alimento contaminado (néctar e pólen), da superfície de contato (folhagem contaminada) e por via tópica (quando ocorre a pulverização diretamente nos indivíduos). Diante desse cenário, este estudo teve por objetivo levantar informações relacionadas com os impactos dos agrotóxicos nesses insetos polinizadores. Foi realizado o levantamento de artigos científicos em banco de dados (*Elsevier*, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Capes, *Science Direct* e *SciELO* e *Web of Science*), utilizando os idiomas português e inglês, dentro do período de cinco anos (2018 a 2023). Os dados obtidos possibilitaram constatar que, o uso elevado de agrotóxicos no Brasil pode impactar negativamente o ecossistema decorrente dos seus efeitos letais e subletais aos polinizadores, particularmente as abelhas sociais.

**PALAVRAS-CHAVE**: *Tetragonisca angustula. Apis mellifera*. Polinização. Agrotóxico.

**ABSTRACT**

Social bees are efficient pollinating agents in several plant species, contributing to agricultural production, preservation, and conservation of the environment. However, anthropic actions are affecting the balance and survival of these insects. Among the actions, the excessive use of pesticides has negatively impacted bee populations since they come into direct contact with these stressors when foraging for resources to maintain their nests and colonies. Contact with pesticides has impacted bees in general and social bees, compromising both the ecosystem service of pollination and the production of colonies. The exposure of bees to pesticides can be through ingestion of contaminated food (nectar and pollen), the contact surface (contaminated foliage) and topically (when spraying directly on individuals). Given this scenario, this study aimed to gather information related to the impacts of pesticides on these pollinating insects. A survey of scientific articles was carried out in a database (Elsevier, Google Scholar, “Portal de Periódicos da CAPES”, Science Direct and SciELO and Web of Science), using Portuguese and English, within a period of five years (2018 a 2023). The data obtained made it possible to verify that the high use of pesticides in Brazil can negatively impact the ecosystem due to its lethal and sublethal effects on pollinators, particularly social bees.

**KEYWORDS**: *Tetragonisca angustula*. *Apis mellifera*. Pollination. *Pesticide*.

## INTRODUÇÃO

As abelhas desenvolvem um papel fundamental no ecossistema por meio do serviço de polinização, atuando na manutenção, preservação do equilíbrio natural dos ecossistemas, e na produção agrícola, gerando impactos positivos, tanto sociais quanto econômicos, por apresentar a melhoria da qualidade e quantidade dos alimentos agrícolas[1,2].

Os agentes polinizadores em especial as abelhas, apesar da sua importância reconhecida, estão sofrendo um desaparecimento acelerado, devido à diferentes ações humanas, como queimadas, desmatamento e aumento do uso de agrotóxicos[3].

A utilização de produtos químicos para o controle de pragas e doenças afeta as populações de abelhas, que são expostas a estas substâncias. O contato das abelhas se dá quando realizam o forrageamento para a manutenção e sobrevivência da colônia, por ingestão de alimento (néctar das flores), superfície de contato contaminado (folhagem com aplicação do produto)[4,5] ou pela exposição direta das abelhas, quando o produto está sendo aplicado.

O contato das abelhas com as substâncias químicas pode apresentar efeito letal (morte das abelhas campeiras e crias) e efeitos subletais (danos neurotóxicos), ambos interferem diretamente no desenvolvimento e sobrevivência da colônia[6,7].

Diante dos efeitos e consequências na sobrevivência das abelhas pesquisas estão sendo desenvolvidas para avaliar a toxicidade de produtos químicos, dado o uso excessivo destes produtos. Esses estudos são importantes para alertar a sociedade e até mesmo gerar informações úteis que minimizem os efeitos desses estressores e contribuam com medidas que visem a preservação e a manutenção das populações de polinizadores. Desta forma, este estudo teve como objetivo o levantamento de informações relacionadas aos impactos de agrotóxicos em abelhas sociais polinizadoras.

## MATERIAL E MÉTODOS

A construção desta revisão narrativa foi baseada no levantamento de artigos científicos nas plataformas de banco de dados: *Elsevier*, Google Acadêmico, Portal

de Periódicos da Capes, *Science Direct* e *SciELO* e *Web of Science*. Palavras-chaves direcionada no idioma português: <toxicologia em abelhas>, <agentes polinizadores>, <agrotóxicos>, <impactos dos agentes polinizadores>, <impacto da ação antrópica ao meio ambiente>; palavras-chaves em inglês: <bee toxicology>, <pollinating agentes pesticides>, <impacts of pollinating agentes>, <impact of anthropic action on the environment>. Os artigos selecionados seguiram os critérios de serem publicações nacionais e internacionais, no período de 2018 a 2023 (últimos cinco anos), que abordassem a temática.

## REVISÃO DE LITERATURA

O crescimento das ações antrópicas, como desmatamentos de habitat natural, perdas de áreas florestais, vem trazendo preocupação na conservação da biodiversidade, pela importância que os insetos polinizadores têm no ecossistema, o uso de agrotóxicos, que resultam em impactos negativos sobre os biomas brasileiros[8,9].

O serviço de polinização é essencial para manutenção e reprodução dos ecossistemas da diversidade de espécies florais, além de, impactar positivamente no fornecimento de alimentos para humanos e animais[10]. A polinização é uma atividade que é realizada de forma direta (autopolinização) ou indireta (polinização cruzada). A polinização cruzada fornece a variabilidade genética das plantas[11], ocorre quando os agentes polinizadores, transfere o pólen para o ovário[12].

No ecossistema as abelhas se destacam entre os polinizadores, por sua ampla distribuição geográfica, grande diversidade e interações com as plantas[13,14]. Esta relação abelha-planta é de benefício mútuo, pois o polinizador depende dos recursos que são ofertadas pelas flores como néctar e pólen para sua alimentação, e por outro lado, diversas plantas precisam de polinizadores para perpetuação das espécies vegetais[15].

A maioria das espécies vegetais cultivadas são polinizadas por uma variedade de insetos, como as vespas, abelhas, besouros, moscas e borboletas[16], entre eles as abelhas são os principais insetos polinizadores e os mais comuns. Estas são classificadas como as abelhas sociais e solitárias[17].

A abelha social *Apis mellifera* é um agente polinizador de maior importância ao meio agroambiental[18,19], o serviço de polinização melhora a produtividade de culturas agrícolas em 75%[20], assim apresentam elevada eficiência no serviço, pôr as colônias serem populosas, podendo chegar a 80.000 indivíduos[21,22,23].

Uma vez que a presença de agentes polinizadores pode ser determinante para preservação de algumas espécies vegetais que dependem da polinização na sua perpetuação e manutenção[24,25], a interação entre a planta é os agentes polinizadores são benéficos para ambos[26].

Entretanto, a necessidade do controle de pragas, doenças e plantas daninhas[27], tem elevado o aumento do uso de agrotóxicos na agricultura, principalmente na monocultura. Porém, os insetos não alvo, incluindo as abelhas, estão expostos a substâncias que contribuem para o declínio das populações de abelhas, prática que tem sido observado em vários países desde do início do século XX[18,28,29,30].

Assim, as abelhas apresentam risco de extinção pela intoxicação por agrotóxicos[31] causando os efeitos letais e subletais quando expostas a produtos químicos[32]. Dentre as espécies de abelhas sociais, duas vem se destacando na criação em todo o país e tem sido utilizada como modelos de estudos toxicológicos: *Apis mellifera* e *Tetragonisca angustula Latreille*.

## ***APIS MELLIFERA* AFRICANIZADA**

A *Apis mellifera* Linnaeus 1758, é uma abelha africanizada surgiu pelo cruzamento de sub-espécies africana (*Apis mellifera scutellata*) e europeias (*Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica*), o que formou um poli-híbrido que rapidamente se adaptou às condições climáticas do Brasil[33,34].

O poli-híbrido formado desses cruzamentos, *A. mellifera* africanizada, pode ser encontrada em diversos ambientes, como naturais, áreas degradadas e meio urbano e agrícolas[35].

*Apis mellifera* não apresenta preferência às plantas visitadas e tem ampla distribuição geográfica[36], busca seu alimento, em uma diversidade de espécies florais[36,37], por isso é considerada generalista[38]. É a espécie mais utilizada em áreas

agrícolas, isso devido, ao fácil manejo e tamanho populacional do enxame, além do valor econômico, pela produção de cera, pólen, geleia real, própolis e mel[39].

A criação e manejo da *A. mellifera* (apicultura) no Brasil é voltada principalmente para a produção de mel (no ano de 2021 a produção foi de 55.828.154 kg de mel[40]), especialmente pela diversidade de pasto apícola durante todo o período do ano[41]. Produto alimentício produzido pelas abelhas, a partir de secreções de partes vivas das plantas, do néctar das flores ou de excreções de insetos sugadores de plantas[42], a produção do mel tem forte relação com a atividade de forrageamento das abelhas[43].

### *TETRAGONISCA ANGUSTULA* LATREILLE

A espécie *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 pertence a tribo Meliponini, é conhecida popularmente por Jataí[44]. Encontra-se com maior distribuição na região Neotropical, se adapta a diferentes condições de nidificação, por isso, podem ser encontradas em fendas de muros, trocos de árvores ocos, pedras e caixa de luz[45].

*Tetragonisca angustula* é de fácil manejo por apresentar ferrão atrofiado, sua criação pode ser feita perto de residências e próximo aos cultivos agrícolas, por não apresentar riscos aos seres humanos e animais. É um importante agente polinizador de várias espécies nativas, assim agrega impacto positivo na produção de frutos e sementes[46].

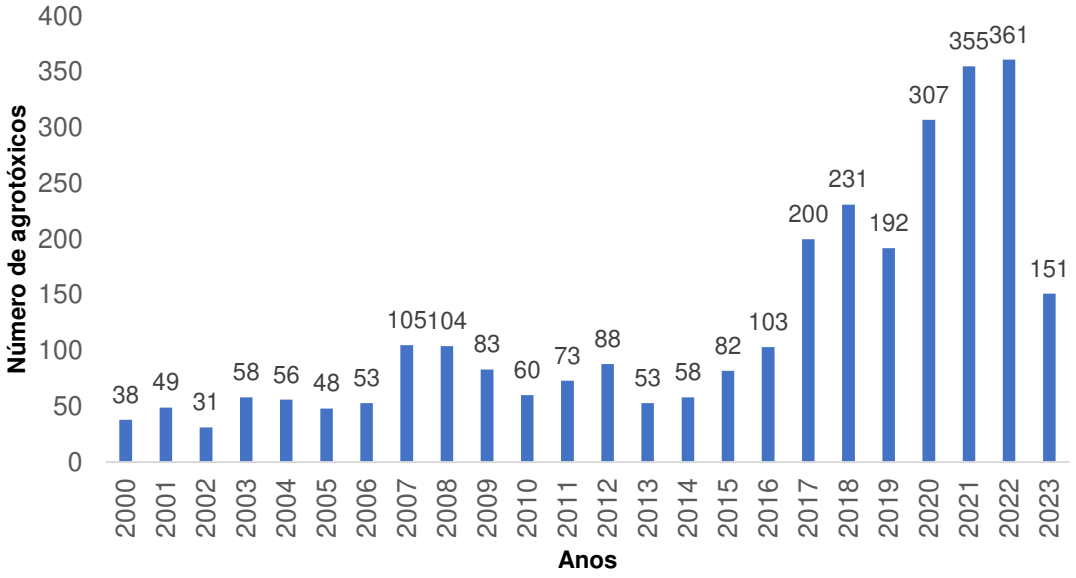
A maior contribuição das abelhas Jataí está relacionada aos serviços de polinização das espécies de plantas nativas cultivadas e ao ecossistema, assim sua presença em áreas de cultivos, promovem aumento da produtividade nos agroecossistemas[45,47,48].

## TOXICOLOGIA

Os agrotóxicos são substâncias químicas sintéticas utilizadas para o controle de doenças e pragas de plantas (fungos, larvas, insetos e carrapatos), utilizados em ambientes urbanos e rurais[49,50], existindo diversos produtos químicos com diferentes classes de toxicidade[51].

No Brasil a utilização de agrotóxicos aumentou nos últimos anos, quando foram liberados 361 agrotóxicos em 2022 (Figura 1). Categorizados como biológicos e químicos, no ano de 2022 as liberações atingiram o maior ranking desde 2000[52], inserindo o Brasil na posição 44º da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), na lista de países que usam agrotóxicos[53].

**Figura 1 –** Número de agrotóxicos liberados entre os anos de 2000 a agosto de 2023. Fonte: MAPA, 2023.




O uso elevado de agrotóxicos tem impacto no desaparecimento dos polinizadores dos agroecossistemas, apresentando risco para as colônias de abelhas que entram em contato com pólen e néctar das flores contaminados com resíduos[54], normalmente atribuído ao uso inadequado de produtos químicos ou uso de produto proibido[55], a utilização de produtos químicos recomendados pode afetar os insetos não alvos como as abelhas.

A intoxicação das abelhas por agrotóxicos era determinada pela contaminação aguda, ou seja, quando apresentavam efeito letal, apresentando abelhas mortas perto da colônia. Com o avanço das pesquisas, aumentou a preocupação sobre os efeitos subletais, decorrentes da contaminação por produtos químicos nas abelhas[54]. Nesse

Mult. Sci. Rep. 2023; v. 3 n. 4 / ISSN: **2764-0388**
DOI: https://doi.org/10.54038/ms.v3i4.53
Submetido: 27 Junho 2023 – Aceito: 04 Setembro 2023

caso, não há mortalidade imediata das abelhas, mas há interferência no seu desenvolvimento, comportamento e capacidade de inibir infecções. A exposição à determinados grupos químicos podem ocasionar dificuldades de retorno à colônia, redução da mobilidade e movimentação, redução da capacidade de aprendizagem e comunicação, no comportamento de forrageamento, e na efetividade da polinização[55,56].

## INGREDIENTES ATIVOS

Ingredientes ativos são utilizadas na formulação de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças em culturas com importância econômica no país, como a soja, milho, café, sorgo, acerola, manga e melão. Se trata da substância que efetivamente mata a praga ou o patógeno que prejudica às culturas agrícolas. Porém a utilização destes produtos impacta nos organismos não alvos (abelhas, besouros, moscas e borboletas)[17].

Os ingredientes ativos são enquadrados em diferentes classes de agrotóxicos, ocasionando efeitos letais ou subletais, resultando na contaminação da colônia para as espécies sociais[51].

O Brasil é um dos maiores produtores de *comodities* agrícolas, sendo que as culturas de soja, milho em grão, cana-de-açúcar, café, algodão herbáceo, arroz, mandioca, laranja, trigo, banana, estão entre as culturas mais produzidas em 2021[57]. Nesse sistema de produção, diferentes agrotóxicos são utilizados, a partir de diversos ingredientes ativos, como por exemplo o *Triflumizole*, *Fenpyroximate* e *λ-cialotrina* (Tabela 1), no combate às pragas e doenças que impactam a produtividade das culturas.

**Tabela 1 -** Ingredientes ativos e grau de toxicidades. Fonte: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários - AGROFIT.

| Ingrediente Ativo | Classificação | Grupo Químico | Classificação Toxicológica | Classificação Ambiental |
|---|---|---|---|---|
| *Triflumizole* | Fungicida | Imidazol | IV - Produto Pouco Tóxico | II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente |
| *Fenpyroximate* | Acaricida | Pirazol | IV - Produto Pouco Tóxico | II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente |
| *λ-cialotrina* | Inseticida | Piretóides | IV - Produto Pouco Tóxico | II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente |

O ingrediente ativo *triflumizole*, que é utilizado na formulação de agrotóxico para o controle de fungos, pertence ao grupo químico *imidazol*. Este produto apresenta modo de ação sistêmica, de amplo espectro para controle de oídio (*Erysiphe graminis*, *Erysiphe cichoracearum*, *Shaerotheca fuliginea*, *Erysiphe cichoracearum* e *Shaerotheca humuli*) e mofo cinzento (*Botrytis cinera*) em árvores frutíferas, vegetais e culturas[58, 59].

O fenpiroximate é um ingrediente ativo que é classificado como acaricida, que pertence ao grupo químico pirazol, apresenta modo de ação de contato e ingestão. Os pirazóis quando em contato com organismo alvo e não alvo causam danos severos[60]. O grupo dos pirazóis, quando em contato com o organismo afetam o sistema nervoso interferindo o aprendizado e memória das abelhas, assim, pode causar mudanças na estrutura cerebrais como paralisia das asas, perna e aparelho digestivo[61].

O inseticida lambda-cialotrina, do grupo químico piretróide, similar às estruturas e propriedades dos inseticidas naturais piretrinas[62], é amplamente utilizado no controle de pragas em ambientes domésticos e agrícola[63]. Os piretróides são muito utilizados por apresentar baixa toxicidade em mamíferos. Os piretróides abrangem um maior grupo de insetos a sua ação pode impactar negativamente os agentes não alvo, porque não necessita de grande quantidade para seu efeito tóxico[64,65]. A classe dos

piretóides em estudos laboratoriais demostram que são muitos tóxicos para abelhas, artrópodes aquáticos, camarões, lagostas e peixes [64,65].

As informações das rotas de exposição aos agentes polinizadores aos produtos químicos e seus efeitos letais (dose que causa a morte dos indivíduos) e subletais (dose que não causa a morte, mas prejudica o comportamento), podem contribuir para reduzir os impactos ambientais e, consequentemente, a conservação e preservações das espécies de abelhas eussociais.

## ROTAS DE EXPOSIÇÕES DE AGROTÓXICOS

A contaminação por ingestão se dá quando as abelhas são expostas aos recursos hídricos ou alimentos que contenham resíduo de agrotóxicos. Os produtos químicos podem ter contato com o pólen e néctar das plantas que foram pulverizadas na parte foliar da planta. As abelhas campeiras são as que podem ter a exposição direta com a substância tóxica, enquanto coletam o néctar e pólen, assim podem levar para colônia[66].

A superfície de contato é a rota de contaminação por contato físico em superfície com presença de agrotóxicos é considerada a exposição mais simples[67,68,69]. As partículas de toxinas podem entrar em contato com a cutícula da abelha, ocorrendo a absorção diretamente ou por atividade passiva ao corpo através de poros, espiráculos ou orifícios. O contato por superfície contaminada se dá pelas folhagens, flores, gramados, solo, material de ninhos artificiais[70].

Há ainda a exposição tópica, que é a rota de contaminação que ocorre durante a atividade de forrageamento das abelhas se estiver aplicando o agrotóxico, podem ter contato com a pulverização direta ou contato com a superfície contaminada[70].

## CONCLUSÃO FINAL

Este estudo permitiu verificar o uso e liberação elevada de agrotóxicos no Brasil nos últimos anos, que podem impactar negativamente o ecossistema decorrente aos seus efeitos letais e subletais nos polinizadores, particularmente as abelhas, bem como estimular alerta da necessidade de restrições e novos estudos na área.

Mult. Sci. Rep. 2023; v. 3 n. 4 / ISSN: **2764-0388**
DOI: https://doi.org/10.54038/ms.v3i4.53
Submetido: 27 Junho 2023 – Aceito: 04 Setembro 2023

**AGRADECIMENTOS**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processos 406973/2021-0 e 305950/2021-5), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao projeto: Diversidade e dinâmica de recursos apícolas Atlânticos em relação ao clima e contaminação por pesticidas: dados para a gestão da polinização e agricultura sustentável (BEESNESS).

**REFERÊNCIAS**

1. Gill RJ, Baldock KCR, Brown MJF, Cresswell JE, Dicks LV, Fountain MT, et al. Protecting an Ecosystem Service: Approaches to Understanding and Mitigating Threats to Wild Insect Pollinators. Advances in Ecological Research. 2016;54:135-206. doi: https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2015.10.007

2. Hristov P, Neov B, Shumkova R, Palova N. Significance of Apoidea as Main Pollinators. Ecological and Economic Impact and Implications for Human Nutrition. Diversity. 2020:12. doi: https://doi.org/10.3390/d12070280

3. Santos AB. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. Natureza Online. 2010;8:103-106.

4. Brittain C, Potts SG. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. Basic and Applied Ecology. 2011;12:321-331. doi: https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.12.004

5. Fairbrother A, Purdy J, Anderson T, Fell R. Risks of Neonicotinoid Insecticides to Honeybees. Environmental Toxicology and Chemistry. 2014;33:719-731. doi: https://doi.org/10.1002/etc.2527

6. Rortais A, Arnold G, Halm MP, Touffet-Briens F. Modes of honeybees' exposure to systemic insecticides: Estimated amounts of contaminated pollen and néctar consumed by different categories of bees. Apidologie. 2005;36:71-83. doi: https://doi.org/10.1051/apido:2004071

7. Silva MB, Nocelli RCF, Soares HM, Malaspina O. Efeitos do imidacloprido sobre o comportamento das abelhas Scaptotrigona postica Latreille, 1807 (Hymenoptera, Apidae). Ciência, Tecnologia & Ambiente. 2016;3:21-28.

8. Camargo JMF, Pedro SRM. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure JS, Urban D, Melo GAR (Orgs.). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia. 2007:272-578.

9. Lorenzon MCA, Morado CN. A abelha Jataí: Flora Visitada na Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Letras e Versos, 2014. 122p.

10. Freitas BM, Silva CI. Agricultura e Polinizadores. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015.

11. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. ed. 1. Biologia da Polinização. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 2014. 527p.

12. Paixão GPG, Silva CM. Impactos da poluição atmosférica no processo de polinização das abelhas: cidade do Rio de Janeiro. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais. 2021;12(3):90-101. doi: https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0009

13. Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annual Review of Ecology and Systematics. 1998;29:83-112.

14. Schlindwein C, Martins CF. Competition between the oligolectic bee *Ptilothrix plumata* (Anthophoridae) and the flower closing beetle *Pristimerus calcaratus* (Curculionidae) for floral resources of *Pavonia cancellata* (Malvaceae). Plant Systematics and Evolution. 2000;224:183-194.

15. Souza DL, Evangelista-Rodrigues A, Pinto MSC. As abelhas como agentes polinizadores. Revista Electrónica de Veterinária. 2007;8(3):1-7.

16. Rader R, Bartomeus I, Garibaldi LA, Garratt MPD, Howlett BG, Winfree R, et al. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). 2016;113(1):146-151. doi: https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112

17. Klein AM, Freitas BM, Bomfin IGA, Boreux V, Fornoff F, Oliveira MO. A polinização agrícola por insetos no Brasil. Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. University Freiburg, Nature Conservation and Landscape Ecology. 2020:162. doi: https://doi.org/10.6094/UNIFR/151237

18. Villalba A, Maggi M, Ondarza PM, Szawarski N, Miglioranza KSB. Influence of land use on chlorpyrifos and persistente organic pollutant levels in honey bees, bee bread and honey: Beehive exposure assessment. Science of theTotal Environment. 2020;713:136554. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136554

19. Zheng H, Powell JE, Steele MI, Dietrich C, Moran NA. Honeybee gut microbiota promotes host weight gain via bacterial metabolism and hormonal signaling. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 2017;114:4775-4780. doi: https://doi.org/10.1073/pnas.1701819114

20. Engel P, Moran NA. Functional and evolutionary insights into the simple yet specific gut microbiota of the honey bee from metagenomic analysis. Gut Microbes. 2013:40-65. doi: https://doi.org/10.4161/gmic.22517

21. Maciel FAO, Braga AR, Silva TLC, Freitas BM, Gomes DG. Reconhecimento de padrões sazonais em colônias de abelhas *Apis mellifera* via clusterização. Revista Brasileira de Computação Aplicada. 2018;10(3):74-88. doi: https://doi.org/10.5335/rbca.v10i3.8788

22. Wolowski M, Agostini K, Rech AR, Varassin IG, Maués M, Freitas L, et al. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. Editora Cubo, São Carlos. 2019;1:184.

23. Neves ELdas, Viana BF, As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia. 2002;46(4):571-578.

24. klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham AS, Kremen C, Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2007;274:303-313. doi: https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721

25. Giannini TC, Costa WF, Cordeiro GD, Imperatriz FVL, Grisolia CK. Agrotóxicos: mutações, câncer e reprodução. Brasília, DF: Universidade de Brasília. 2005. 392p.

26. Losapio G, Fortuna MA, Bascompte J, Schmid B, Michalet R, Neumeyer R, et al. Plant interactions shape pollination networks via nonadditive effects. Ecology. 2019;100(3):1-9. doi: https://doi.org/10.1002/ecy.2619

27. Mello FA, Fagiani MdeAB, Rossi RC, Silva GAN. Agrotóxicos: Impactos ao Meio Ambiente e à Saúde Humana. Colloquium vitae. 2019;11(2). doi: https://doi.org/10.5747/cv.2019.v11.n2.v262

28. Anjum SI, Shah AH, Aurongzeb M, Kori J, Azim MK, Ansari MJ, Bin L. Characterization of gut bacterial flora of *Apis mellifera* from north-west Pakistan. Saudi Journal of Biological Sciences. 2018;25:388-392. doi: https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.05.008

29. Bonilla-Rosso G, Engel P. Functional roles and metabolic niches in the honey bee gut microbiota. Current Opinion in Microbiology. 2018;43:69-76. doi: https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.12.009

30. Bommuraj V, Chen Y, Birenboim M, Barel S, Shimshoni JA. Concentrationand time-dependent toxicity of commonly encountered pesticides and pesticide mixtures to honeybees (*Apis mellifera* L.). Chemosphere. 2021;266:128974. doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128974

31. Nocelli RCF, Cintra-Socolowski P, Roat TC, Ferreira RAC, Pereira AM, Carvalho, SM, Malaspina O. In: Roubik, D.W. (Ed.), Pollinator Safety in Agriculture. Pesticide Exposure Routes for Brasilian Wild Bees. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2014:21-39.

32. Tome HVV, Martins GF, Limas MAP, Campos LAO, Guedes RNC. Imidachloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata* anthidioides. PLoS One. 2012;7:1-9. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038406

33. Guzmán-Novoa E, Benítez AC, Montaño LGE, Novoa GG. Colonization, impact and control of Africanized honey bees in Mexico. Veterinaria México. 2011;42:149-178.

34. Kerr WE The history of introduction of African bees to Brazil. South African Bee Journal. 1967;39:33-35.

35. Minussi LC, Alves-dos-Santos I. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera, Apidae). Bioscience Journal. Uberlândia. 2007;23:58-62, 2007.

36. Garófalo CA, Martins CF, Aguiar CML, Del Lama MA, Alves-dos-Santos I. 2011. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Saraiva AM (ed.). Alves DA (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.

37. Imperatriz-Fonseca VL, Nunes-Silva P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. Biota Neotropica. 2010;10(4):59-62. doi: https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400008

38. Free JB. Insect Pollination of Crops. 2. ed. London, Academic Press. 1993. 684p.

39. Pires CSS, Pereira FDM, Lopes MTDR, Nocelli RCF, Malaspina O, Pettis JS, Teixeira ÉW. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD?. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2016;51(5):422-442. doi: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500003

40. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa pecuária municipal. IBGE (2022). Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>. Acesso em: 15 de mai. 2023.

41. Morais MM, Jong D, Message D, Gonçalves LS. 1. ed. Perspectivas e Desafios para o Uso das Abelhas *Apis mellifera* como Polinizadores no Brasil. In: Imperatriz- Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DA, Saraiva AM. (Org.) Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: EDUSP. 2012:203-236.

42. Brasil. Mapa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 11, de 20 de outubro de 2000. Aprova Regulamento técnico de Identidade e Qualidade do Mel. p. 1-4, 2000.

43. Jones GD, Bryant VMJr. Melissopalynology. In: Jansonius J, McGregor DC. (eds.) Palynology: Principles and Applications. Dallas, AASP Foundation. 1996;3:933-938.

44. Sakagami, S. F. Stingless bees. In: Hermann, H. R. (ed.). Social insects, v.3. NewYork: Academic Press. 1982:361-423.

45. Menezes-Pedro SR, Camargo JFM. Biodiversidade do estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. Apoidea, Apiformes. In: Brandão CRF, Cancello EM, Inv. Terrestres. São Paulo - FAPESP. 2000:193-211.

46. Bezerra LA, Campbell AJ, Brito TF, Menezes C, Maués MM. Pollen loads of flower visitors to açaí palm (*Euterpe oleracea*) and implications for management of pollination services. Neotropical Entomology. 2020;49:482-490. doi: https://doi.org/10.1007/s13744-020-00790-x

47. Nascimento ET, Pérez-Maluf R, Guimarães RA, Castellani MA. Diversidade de abelhas visitantes das flores de *Citrus* em pomares de laranjeira e tangerineira. Revista Brasileira de Fruticultura. 2011;33:111-117. doi: https://doi.org/10.1590/S0100- 29452011005000048

Mult. Sci. Rep. 2023; v. 3 n. 4 / ISSN: **2764-0388**
DOI: https://doi.org/10.54038/ms.v3i4.53
Submetido: 27 Junho 2023 – Aceito: 04 Setembro 2023

48. Nascimento WM, Gomes EML, Batista EA, Freitas RA. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. Horticultura Brasileira. 2012;30:494-498. doi: https://doi.org/10.1590/S0102- 05362012000300023

49. Brasil. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, [...] e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 5, p. 1-12, 8 jan. 2002.

50. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro: INCA, 2021.

51. Morais CR, Travençolo BAN, Carvalho SM, Beletti ME, Santos VSV, Campos CF, et al. Ecotoxicologia effects of the insecticide fipronil in Brazilian native stingless bees *Melipona scutellaris* (Apidae: Meliponini). Chemosphere. 2018;206:632-642. doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.153

52. Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos e Fitossanitário. (2023). [Acesso 2023 AGO 28]. Disponível em:< https://indicadores.agricultura.gov.br/agrofit/index.htm>.

53. Ministério da Agricultura e Pecuária. MAPA (2022). Disponível em:< https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/governo-impoe-restricoes-de-uso-a-novos-defensivos-agricolas>

54. Nocelli RCF, Roat TC, Zacarin ECMdaS, Malaspina O. Riscos de Pesticidas sobre as Abelhas. Embrapa Semiárido Petrolina, PE. Comunicado Técnico n. 249. 2012.

55. Bortolli L, Montanari R, Marcelino J, Mendrzychi P, Maini S, Porrini C. Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. Bulletin of Insectology, Bologna. 2003;56(1):63-67.

56. Decourtye A, Devillers J, Genecque E, LE Menach K, Budzinski H, Cluseau S, Pham-Delegue MH. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybees *Apis mellifera*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, New York. 2005;48:242-250.

57. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa pecuária municipal. IBGE (2021). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/br>.

58. Nakata A, Hashimoto S, Ikura K, Katsuura K. Development of a new fungicide, triflumizole. Journal of Pesticide Science. 1991;16:301-313. doi: https://doi.org/10.1584/jpestics.16.301

59. Kim Y, Song J, Lee I, Yeo W, Yun B. Bacillus sp bs061 suppresses powdery mildew and gray mold. Mycobiology. 2013;41:108-111. DOI: https://doi.org/10.5941/ myco.2013.41.2.108

60. Gunasekaran AS, Truong T, Goh KS, Spurlock F, Tjeerdema RS. Environmental fate and toxicology of fipronil. Journal of Pesticides. 2007;32(3):189-199. doi: https://doi.org/10.1584/jpestics.R07-02

61. Carrillo MP, Bovi TDS, Negrão AF, Orsi RDO. Influence of agrochemicals fipronil and imidacloprid on the learning behavior of *Apis mellifera* L. honeybees. Acta Scientiarum Animal Sciences. 2013;35:431-434. doi: https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.18683

62. National Pesticide Information Centre (NPIC), 2020. Pre harvest interval. Acesso em: 01 de ago de 2022. http://npic.orst.edu/health/phi.html.

63. Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. 2020. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=54

64. Viran R, Erkoç FU, Polat H, Koçak O. Investigation of acute toxicity of deltamethrin on guppies (*Poecilia reticulata*). Ecotoxicology and Environmental Safety. 2003;55:82-85. doi: https://doi.org/10.1016/S0147-6513(02)00096-9

65. Grisolia CK. Agrotóxicos: mutações, câncer e reprodução. Brasília, DF: Universidade de Brasília. 2005. 392 p.

66. Gradish AE, Steen JVD, Scott-Dupree CD, Cabrera ARG, Cutler C, Goulson D, et al. Comparison of Pesticide Exposure in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) and Bumble Bees (Hymenoptera: Apidae): Implications for Risk Assessments. Environmental Entomology. 2019;48(1):12-21. doi: https://doi.org/10.1093/ee/nvy168

67. Ladurner E, Bosch J, Kemp WP, Maini S. Assessing delayed and acute toxicity of five formulated fungicides to *Osmia lignaria* Say and *Apis mellifera*. Apidologie. 2005;36:449-460. doi: https://doi.org/10.1051/apido:2005032

68. Huntzinger ACI, James RR, Bosch J, Kemp WP. Fungicide tests on Adult *Alfalfa Leafcutting* Bees (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Economic Entomology. 2008;101:1088-1094.

69. Biddinger DJ, Rajotte EG. Integrated pest and pollinator management-adding a new dimension to an accepted paradigm. Current Opinion in Insect Science. 2015;10:204-209. doi: https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.012

70. Kopit AM, Pitts-Singer TL. Routes of Pesticide Exposure in Solitary, Cavity-Nesting Bees. Environmental Entomology. 2018;47(3):499-510. doi: https://doi.org/10.1093/ee/nvy034

Mult. Sci. Rep. 2023; v. 3 n. 4 / ISSN: **2764-0388**
DOI: https://doi.org/10.54038/ms.v3i4.53
Submetido: 27 Junho 2023 – Aceito: 04 Setembro 2023