

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO- UFMA  
CENTRO DE CIÊNCIA  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS NATURAIS – BIOLOGIA

MARIA LETÍCIA PEREIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS CAUSADOS POR INSETICIDAS  
PIRAZOIS, PIRETRÓIDES E NEONICOTINÓIDES EM ABELHAS *APIS MELLIFERA* NO  
BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2023 [REVISÃO DA LITERATURA]

BACABAL- MA

2024

MARIA LETÍCIA PEREIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS CAUSADOS POR INSETISIDAS  
PIRAZOIS, PIRETRÓIDES E NEONICOTINÓIDES EM ABELHAS *APIS MELLIFERA* NO  
BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2023 [REVISÃO DA LITERATURA]

Monografia apresentada a Coordenação do curso de Ciências Naturais - Biologia da Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacabal, para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Naturais, com ênfase em Biologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Pollyanna Pereira Santos

BACABAL- MA

2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Pereira da Silva, Maria Letícia.

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS CAUSADOS POR INSETICIDAS PIRAZOIS, PIRETRÓIDES E NEONICOTINÓIDES EM ABELHAS *Apis mellifera* NO BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2023 REVISÃO DA LITERATURA / Maria Letícia Pereira da Silva. - 2024.

32 p.

Orientador(a): Pollyanna Pereira Santos.

Curso de Ciências Naturais - Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Bacabal, 2024.

1. Inseticidas. 2. Toxicidade. 3. *Apis Melliferas*.  
4. . 5. . I. Pereira Santos, Pollyanna. II. Título.

MARIA LETÍCIA PEREIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS CAUSADOS POR INSETICIDAS  
PIRAZOIS, PIRETRÓIDES E NEONICOTINÓIDES EM ABELHAS *Apis mellifera* NO  
BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2023 [REVISÃO DA LITERATURA]

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Nota:

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Pollyanna Pereira Santos (Orientadora)

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

---

Prof. Dr. Michel Ricardo de Barros Chaves

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

---

Prof. Msc. Genildo Viana do Nascimento

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

*Ao Senhor Deus, por me capacitar e me dar forças todos os dias.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu marido Gealdan por sempre está me incentivando e por ser o meu maior apoiador durante esses anos na academia. Aos meus filhos por serem a minha maior motivação todos os dias.

Em segundo lugar quero agradecer a minha orientadora Dra. Pollyanna Pereira Santos por buscar sempre o meu melhor e aos demais professores da Universidade Federal do Maranhão que fizeram parte da minha trajetória, por compartilharem os seus ensinamentos. Agradeço também às minhas amigas e amigos adquiridos na academia e a todos que contribuíram de forma direta e indiretamente para que tudo isso fosse possível.

Agradeço a Universidade Federal do Maranhão por todo o conhecimento adquirido no curso de Ciências Naturais- Biologia.

## RESUMO

As abelhas *Apis melliferas* são insetos extremamente importantes para o bom funcionamento do ecossistema, sendo responsáveis pela manutenção de diversas espécies de plantas e a variabilidade genética delas. Atualmente, as abelhas vem sofrendo um declínio em sua população que pode afetar significativamente a vida de outras espécies e a produção de alimentos. Uma das principais causas apontadas como responsáveis por esse declínio é o uso indiscriminado e frequente de inseticidas na agricultura. O presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão integrativa de literatura sobre os efeitos letais e subletais dos inseticidas dos grupos químicos fenilpirazól, piretróides e neonicotinóides em abelhas da espécie *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) no Brasil. Para esse fim foi realizado uma revisão de literatura de caráter qualitativo nas bases de dados Google Acadêmico e Portal de Periódicos Capes. Os descritores e suas combinações “*Apis mellifera*”, “piretróide”, “neonicotinóide” e “pirazóis” foram utilizados nas línguas portuguesa e inglesa nas fontes de buscas. Foram incluídos nesse trabalho artigos publicados na língua portuguesa ou inglesa entre os anos de 2005 a 2023 publicados na íntegra, desenvolvidos no Brasil e que retratassem a temática aqui abordada. Foram avaliados um total de 10 artigos, os quais indicaram que os inseticidas a base de fenilpirazól, piretróides e neonicotinóides são neurotóxicos para as abelhas, agindo principalmente nos canais iônicos

Palavras-chave: inseticidas, toxicidade, *Apis melliferas*.

## ABSTRACT

*Apis mellifera* bees are extremely important insects for the proper functioning of the ecosystem, being responsible for the maintenance of several plant species and their genetic variability. Currently, bees are experiencing a decline in their population, which can significantly affect the lives of other species and food production. One of the main causes cited as responsible for this decline is the involved and frequent use of insecticides in agriculture. The present study aims to carry out an integrative literature review on the lethal and sublethal effects of insecticides from the chemical groups Phenylpyrazole, Pyrethroids and Neonicotinoids on bees of the species *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in Brazil. To this end, a qualitative literature review was carried out in the Google Scholar and Capes Periodical Portal databases. The descriptors and their codes “*Apis mellifera*”, “pyrethroid”, “neonicotinoid” and “pyrazoles” were used in Portuguese and English in the search sources. This work included articles published in Portuguese or English between the years 2005 and 2023, published in full, developed in Brazil, and which portrayed the theme addressed here. A total of 10 articles were evaluated, which indicated that insecticides based on phenylpyrazole, Acute mainly in ion channels pyrethroids and neonicotinoids are neurotoxic to bees. Acute mainly in ion channels.

Keywords: insecticides, toxicity, *Apis mellifera*.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos artigos localizados, excluídos e selecionados nas bases eletrônicas de dados nos anos de 2005 a 2023. ....	17
Tabela 2: Distribuição dos artigos levantados nas bases de dados eletrônicas, sobre os inseticidas neonicotinóide, piretróides e pirazóis.....	18
Tabela 3: Inseticidas e seus principais mecanismos de ação. ....	22

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	10
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.	OBJETIVOS .....	14
3.1	OBJETIVO GERAL .....	14
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	14
4.	METODOLOGIA .....	15
4.1	TIPO DE ESTUDO .....	15
4.2	FONTES DE BUSCA DE DADOS .....	15
4.3	CRITÉRIOS DE BUSCA, INCLUSÃO E EXCLUSÃO .....	15
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

## 1. INTRODUÇÃO

As abelhas são insetos sociais pertencentes à ordem Hymenoptera e se destacam por serem excelentes polinizadores. As abelhas são responsáveis por polinizar 73% das espécies cultivadas no mundo. Aproximadamente 75% das espécies de plantas são angiospermas e dependem da polinização para a reprodução, seja pela água, vento ou por meio dos animais (FREITAS, 2010).

As abelhas *Apis mellifera* são de fácil adaptação, podem ser encontradas em quase todo o globo terrestre e se destacam como agentes polinizadores extremamente eficientes, sendo responsáveis por cerca de 35% da produção mundial de alimentos. Elas são animais de fácil manejo, e fornecem mel e outros produtos comerciais (DA ROSA, 2019).

Nos últimos anos foram divulgados vários estudos que apontam o desaparecimento de abelhas em colônias, que vem sendo denominada de CCD (*Colony Collapse Disorder*), que significa distúrbio do colapso das colônias. A principal característica da CCD é o desaparecimento de abelhas na fase adultas das colônias as quais ainda possuem condições favoráveis para a sobrevivência, tais como disposição de alimento, baixos níveis de parasitas como os ácaros varoa ou Microsporídios Nosema, e crias nas colônias. As principais causas apontadas como responsáveis pela CCD é o uso cada vez mais frequente de inseticidas na agricultura (WILLIAMS, 2010), que a fim de aumentar a produtividade vem cada vez mais dependendo do uso de produtos químicos para o controle de insetos pragas, ervas daninhas e fungos que possam comprometer as safras (PEREIRA, 2010).

Desde 2008, o Brasil é recordista no consumo de agrotóxicos no mundo, superando os Estados Unidos e a China. Em 2014, no Brasil, cerca de 80% dos produtores rurais utilizavam agrotóxicos a fim de combater pragas e doenças (BORSOI, et al, 2014). Os herbicidas são os tipos de agrotóxicos que mais se destacam na agricultura brasileira e mais consumidos, em segundo lugar os inseticidas, seguido dos fungicidas e acaricidas. Cerca de 90% dos inseticidas utilizados na agricultura são neurotóxicos, ou seja, atuam diretamente no sistema nervoso do inseto afetando a capacidade locomotora, propagando impulsos nervosos e afetando a capacidade de forrageamento do inseto (BOVI, 2013).

Os primeiros estudos realizados no Brasil acerca dos efeitos letais e subletais dos defensivos agrícolas autorizados no país foram realizados em 2008 por Malaspina e

colaboradores, e Pinto & Miguel, ambos em 2008. Esses estudos mostram que os efeitos dos inseticidas nem sempre são lineares, ou seja, que a mortalidade gerada nos polinizadores pode não estar relacionada apenas a grandes quantidades de inseticidas utilizadas, já que inseticidas como o imidaclopride em baixas doses leva o indivíduo a morte mesmo que em um período mais longo. (FREITAS, 2010).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

As normas internacionais estabelecidas pela EPPO- European and Mediterranean Plant Protection Organization (1992), EPA- Environment Protection Agency (1996) e OECD- Organization for Economic Cooperation and Development (1998a 1998b) são utilizadas como padrão nos estudos de toxicidade dos defensivos agrícolas. Eles utilizam como população teste as abelhas *Apis mellíferas* já que estas são os agentes polinizadores presente na maioria das culturas. Existem dois parâmetros que determinam a toxicidade dos inseticidas para as abelhas: as doses letais e subletais, estas são proporções usadas para expressar a quantidade necessária de um agente toxicológico necessária para matar ou causar danos à espécie estudada. (FREITAS, 2010).

A dose letal ou (DL50) representa uma quantidade necessária para matar 50% da população em análise, seja por contaminação oral e/ou dermal. A concentração média letal (CL50) é expressa em mg/L de ar por uma hora de exposição ao agente contaminante. As doses subletais são aquelas que não são suficientes para matar a população da amostra, ou seja, apenas demonstram capacidade de causar danos permanentes que afetem a qualidade de vida. (GURGEL, 2015). Em casos que o inseticida não possui ação imediata, as abelhas expostas a ele poderão contaminar a colônia ao retornar, espalhando por contato e por meio do alimento (EICH, 2015).

Os inseticidas são extremamente tóxicos para as abelhas em doses subletais, provocam provocando redução da mobilidade, capacidade de comunicação e forrageamento, podendo contaminar outras abelhas e dificultar o retorno para as colônias. Em doses letais levam a morte imediata das abelhas (MALASPINA, 2008).

Os neonicotinóides, por sua vez, são inseticidas sistêmicos capazes de serem aderidos pelos tecidos das plantas, podem podendo ser aplicados via terrestre, aérea ou no tratamento de sementes. Esse é um grupo químico muito utilizado no controle de insetos pragas em

agricultura de café, arroz, abacaxi, citros e entre outros (NOMINATO, 2015). O imidaclopride pertencente a esta família e é um dos inseticidas mais comercializados no mundo, além de ser utilizado em uma grande variedade de culturas. Alguns insetos não são afetados de imediato durante a sua aplicação, o que pode gerar consequências em um período pós-exposição (EICH, 2015).

Os piretróides são compostos derivados das piretrinas e agem como moduladores de canais de sódio, atuam diretamente nos nesses canais de sódio dos insetos impedindo que eles se fechem. Desse modo, há uma entrada contínua de sódio na célula fazendo com que o inseto contaminado tenha impulsos nervosos sem parar, causando a exaustão do sistema nervoso e conseqüentemente sua morte (RIGOTTI, 2023). Abelhas contaminadas por piretróides como as permetrinas e deltametrinas em doses subletais perdem a capacidade de orientação, afetando a capacidade de incluir e integrar padrões visuais dos locais em relação à orientação do sol. Esses compostos também são responsáveis por causar distúrbios comportamentais, tais como irritabilidade e capacidade de forrageamento (EICH, 2015).

O fipronil é um inseticida pertencente ao grupo químico dos pirazóis, possui ação sistêmica nas plantas e é de amplo aspecto, ou seja, é capaz de atingir insetos não alvos como as abelhas (SILVA, 2021). Ele atua inibindo o GABA (receptores do Ácido Gama-aminobutírico) (ROSA, 2017) esses receptores são importantes durante a comunicação entre as células, o fipronil também acaba bloqueando os íons de cloro de entrarem nas células do sistema nervoso para que haja o repouso causando hiper estimulação neural e morte do inseto contaminado (SILVA, 2021).

Estudos apontam a toxicidade e os efeitos letais e subletais dos inseticidas fipronil (Pirazóis) e imidaclopride (Neocotinóides), estes são capazes de afetar até mesmo o funcionamento biogenético das mitocôndrias da cabeça e do tórax das abelhas *Apis mellifera*, afetando assim a produção de adenosina trifosfato (ATP). Ambos se mostraram como inibidores da bioenergética mitocondrial (NICODEMO, 2014).

O fipronil é um inseticida sistêmico altamente tóxicos para as abelhas, cuja meia-vida dura em média de 36 horas a 7 meses no ambiente após a aplicação. A exposição de abelhas a esse agrotóxico pode ser catastrófica, visto que em doses subletais compromete a reprodução e desenvolvimento da colônia. As abelhas rainhas contaminadas podem apresentar danos nos tecidos ovarianos, dificuldade no acasalamento e durante a postura de ovos, já os zangões podem apresentar baixa concentração e viabilidade dos espermatozoides comprometendo a

colônia. Ainda que o principal alvo do fipronil seja o sistema nervoso dos insetos, ele também está ligado à alteração da expressão da proteína MRJP1, responsável por combater micróbios e diminuir a ação de agentes patológicos que possam comprometer a saúde das larvas (ASTOLFI, 2021).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão integrativa de literatura sobre os efeitos letais e subletais dos inseticidas dos grupos químicos dos grupos fenilpirazól, piretróides e neonicotinóides em abelhas da espécie *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) no Brasil, entre os anos de 2005 e 2023.

#### 3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Identificar os principais inseticidas dos grupos químicos fenil-pirazol, neonicotinóide e piretróide, responsáveis por causar danos irreversíveis as abelhas;
- Descrever as principais consequências causadas pela exposição das abelhas aos inseticidas durante o forrageamento;
- Descrever os principais mecanismos de ação dos inseticidas.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 TIPO DE ESTUDO

O presente trabalho trata de uma revisão integrativa de caráter qualitativo, visto que envolve análise e síntese de estudos científicos disponíveis na literatura acerca do tema abordado (MARCONI; LAKATOS, 2010). É uma abordagem metodológica mais ampla, a qual permite a inclusão de estudos experimentais e não experimentais, bem como traçar um panorama consistente para uma compreensão completa do fenômeno analisado (SOUZA et al, 2010).

### 4.2 FONTES DE BUSCA DE DADOS

Para o levantamento dos artigos, foram utilizadas informações disponíveis na literatura científica, nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>) e Portal de Periódicos Capes (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/>).

### 4.3 CRITÉRIOS DE BUSCA, INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Como critérios de busca foram utilizados os seguintes descritores e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa: “*Apis mellifera*”, “piretróide”, “neonicotinóide” e “pirazóis”. Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados na língua portuguesa ou inglesa; trabalhos desenvolvidos no Brasil, artigos na íntegra que retratassem a temática referente à revisão integrativa e artigos publicados e indexados nos referidos bancos de dados entre os anos de 2005 a 2023. O ano de 2006 é o marco inicial dos estudos sobre Distúrbio do Colapso da Colônia (Colony Collapse Disorder- CCD). Foram excluídos dissertações e teses, resumos, trabalhos duplicados e revisões de literatura.

Os artigos foram avaliados quanto ao resumo, objetivos, ano de publicação, espécie estudada, inseticidas utilizados e considerações finais visando maior enfoque e particularidades do tema estudado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca nas bases de dados resultou o total de 22.298 trabalhos dentre eles artigos dissertações e monografias usando os critérios de inclusão e exclusão. Destes, foram selecionados dez artigos os quais foram utilizados para a realização desse trabalho (Tabela 1).

Tabela 1: Distribuição dos artigos localizados, excluídos e selecionados nas bases eletrônicas de dados nos anos de 2005 a 2023.

Bases de dados	Localizados	Excluídos	Amostra final
CAPES	22.298	22.293	5
GOOGLE ACADEMICO	56	49	5
TOTAL	22.354	22.344	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na tabela 2 estão descritos os artigos avaliados nesse trabalho, bem como os objetivos propostos por cada um deles.

Em todos os trabalhos aqui analisados, doze compostos químicos tiveram sua ação acerca das abelhas avaliadas (Tabela 3). São eles: 6CNA (ácido 6-cloronicotínico), Acetamiprida, Cipermetrina, Clotianidina, Deltametrina, Dinotefuran, Etiprol, Finopril, Imidacloprida, Nicotina, Tiacloprida, Tiametoxan. As consequências causadas pela exposição das abelhas aos compostos e os principais mecanismos de ação estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 2: Distribuição dos artigos levantados nas bases de dados eletrônicas, sobre os inseticidas neonicotinóides, piretróides e fenil-pirazóis.

	Base de dados	Título do Artigo	Autores (as)	Local de Publicação e ano	Objetivo (s) do estudo
1	Periódicos Capes	Environmental fate and exposure neonicotinoids and fipronil	J. M. Bonmatim, C. Giorio, V. Girolami, D. Goulson, d. P. Kreutzweiser, C. Krupke, M. Liess, E. Long, M. Marzaro, E. A. D. Mitchell, D. A. Noome, N. Simon-Delson, A. Tapparo	Environmental Science and Pollution Research International, 22.1 (2015):35- . Web.	Mostrar a persistência dos químicos no solo e as consequências que causam as abelhas.
2	Periódicos Capes	Effects of Sublethal Doses of Fipronil on the Behavior of the Honeybee ( <i>Apis Mellifera</i> )	El Hassani; M. Dacher; M. Gauthier; C.	Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 2005, vol (82)(1), p. (30-39)	Investigar e descrever a toxicidade apresentada pelos pirazóis a insetos não visados, em particular as abelhas, por meio do contato e principalmente por ingestão.
3	Google acadêmico	Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada <i>apis mellifera</i> l., 1758 (hymenoptera: apidae)	S.M. Carvalho, G.A. Carvalho, C.F. Carvalho, J.S.S. Bueno Filho, A.P.M. Baptista	Arquivo do Instituto Biológico São Paulo, 2009, vol. 76, (4) p. 597-606	Analisar as consequências provocadas pelo uso de acaricidas e inseticidas na agricultura em abelhas <i>Apis melliferas</i> de colmeias cultivadas e da natureza.

Tabela 3: Distribuição dos artigos levantados nas bases de dados eletrônicas, sobre os inseticidas neonicotinóides, piretróides e pirazóis.  
(Continua)

	Base de dados	Título do Artigo	Autores (as)	Local de Publicação e ano	Objetivo (s) do estudo
4	Google Acadêmico	A locomotor deficit induced by sublethal doses of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the <i>Honeybee Apis mellifera</i> .	M. Charreton,; A. Decourtye; M. Henry; G. Rodet; J. C. Christophe ; P. Charnet ; Collet,	PloS one, 2015, vol.10 (12), p.e0144879 article 0144879	Analisar e comparar pela primeira vez as consequências dos inseticidas Neonicotinóides e Pirazóis às abelhas em doses subletais e os sérios déficits locomotores em abelhas jovens.
5	Google acadêmico	A GABA Receptor Modulator and Semiochemical Compounds Evidenced Using Volatolomics as Candidate Markers of Chronic Exposure to Fipronil in <i>Apis mellifera</i>	V. Fernandes; K. Hidalg ; M. Diongom; F. Mercier; M. Angénioux; J. Ratel; F.Delbac, E. Engel; F.Bouchard	Pubmed Pubmed Central DOAJ Directory of Open Access Journals Melaboliter, 2013, vol. 13(2), p. 185	Verificar a toxicidade do inseticida fipronil para as abelhas, em testes feitos com doses letais com LD50 de 4,2/abelhas em um período de 48 horas para intoxicação oral,
6	Periódicos Capes	The sublethal effects of ethiprole on the development, defense mechanisms, and immune pathways of honeybees ( <i>Apis mellifera</i> ).	L.Yueyue; W. Chen; Q. Suzhen , H. Jiang ; B.Yingchen.	Environmental geochemistry and health, 2021, Vol.43 (1), p.461-473	Estudar as consequências causadas pelo etiprol às abelhas em doses subletais.

Tabela 4: Distribuição dos artigos levantados nas bases de dados eletrônicas, sobre os inseticidas Neonicotinóide, Piretróides e Pirazóis.(Continuação)

	Base de dados	Título do Artigo	Autores (as)	Local de Publicação e ano	Objetivo (s) do estudo
7	Periódicos Capes	Fipronil promotes motor and behavioral changes in honey bees ( <i>Apis mellifera</i> ) and affects the development of colonies exposed to sublethal doses	R. Zaluski; S. M. kadri.; D. P. Alonso; P. E. Ribolla; R. O. Orsi	Environmental toxicology and chemistry, 2015, vol. 34(5), p.1062-1069	Verificar os efeitos do fipronil em abelha mesmo em doses subletais
8	Google acadêmico	Enzymatic responses in the head and midgut of Africanized <i>Apis mellifera</i> contaminated with a sublethal concentration of thiamethoxam	P. Decio; L.Miotelo; D. Franco; T.C. Roat, M.A. Morales; O. Malaspina	DOAJ Directory of Open Access Journals Ecotoxicology and environmental safety, 2021, Vol. 223, p.112581-112581, Article 112581	Verificar alterações comportamentais e respostas enzimáticas em abelhas <i>Apis mellifera</i> em decorrência da exposição ao inseticida tiametoxam em concentrações subletais.
9	Google Acadêmico	Transcriptional and physiological effects of the pyretroid deltamethrin and the organophosphate dimethoate in the brain of honey bees ( <i>Apis mellifera</i> )	V. Christen; Y. Joho; M. Vogel; K. Fent	Environmental pollution, v. 244, January 2019, pág. 247-256	Descrever alterações transcricionais provocado pelos Piretróides e Organofosforados em Abelhas <i>Apis melliferas</i> .
10	Periódicos capes	Molecular effects of neonicotinoids on honey bees ( <i>Apis mellifera</i> )	V. Christen ; F. Mittner ; K. Fent.	Environmental Science & technology, 2016, Vol.50 (7), p.4071-4081	Estudar alterações expressivas de genes no sistema imunológico das abelhas contaminadas em concentrações subletais pelos

					inseticidas neonicotinóides.
--	--	--	--	--	------------------------------

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5: Inseticidas e seus principais mecanismos de ação. Artigos numerados de acordo a Tabela 2.

Nº	Composto químico avaliado	Principais consequências pela exposição da colônia ao composto químico	Mecanismo de ação do inseticida
1	Acetamiprid, Clotianidina, Dinotefuran, imidacloprida, Tiacloprid, Tiametoxan, 6CNA (6-chloro-nicotinic acid) e fipronil	<p>Os neonicotinóides agem nos receptores nicotínicos simulando a acetilcolina, assim estimula as células nervosas dos insetos contaminados. Os neonicotinóides são degradados pela acetilcolinesterase, enzima responsável por degradar a acetilcolina, provocando uma hiperestimulação no sistema nervoso levando à morte do inseto.</p> <p>Os pirazóis atuam inibindo o aumento da permeabilidade do receptor GABA das células nervosas, impedindo a entrada de íons cloreto para dentro da célula, que deixariam o sistema nervoso em repouso. Como isso não ocorre, geram tremores nos insetos contaminados e eventual morte.</p>	<p>Neonicotinóides-Agonistas da acetilcolina.</p> <p>Fenil-Pirazol - Antagonistas do GABA.</p>
2	Fipronil	Age no receptor GABA impossibilitando a passagem de íons cloreto, prejudicando as atividades locomotoras, percepção gustativa afetando a capacidade de forragear das abelhas operárias.	Fenil-Pirazol-antagonistas do GABA
3	Tiametoxan, Deltametrina e Fipronil	Inseticidas sintéticos e de caráter sistêmicos, ambos são altamente tóxicos às abelhas, agindo no sistema nervoso do indivíduo contaminado. Os neonicotinóides atuam nos receptores nicotínicos e os piretróides na inibição do receptor GABA, provocando movimentos desordenados e tremores, são altamente tóxicos por meio da ingestão provocando morte imediata do inseto.	<p>Neonicotinóides-Agonistas da acetilcolina</p> <p>Piretróides-Moduladores dos canais de sódio</p>
4	Tiametoxam e Cipermetrina	Inseticidas sistêmicos contaminam as abelhas durante o forrageamento e plantio de sementes tratadas. São altamente tóxicos em todas as vias de contaminação, seja por contato ou ingestão, ocasionando alterações comportamentais em indivíduos contaminados.	<p>Neonicotinóides-Agonistas da acetilcolina</p> <p>Piretróides-Moduladores dos canais de sódio</p>

Tabela 6: Inseticidas e seus principais mecanismos de ação.

			(conclusão)
Nº	Composto químico avaliado	Principais consequências pela exposição da colônia ao composto químico	Mecanismo de ação do inseticida
5	Fipronil	Ao se ligar aos receptores do GABA, o fluxo de íons cloreto é bloqueado nas células nervosas, ocasionando a hiperestimulação do sistema nervoso do inseto contaminado, levando-o a morte.	Fenil-Pirazol - Antagonistas do GABA
6	Etiprol	Inseticida de contato e ingestão que age impedindo a passagem de íons Cloreto através dos canais iônicos do GABA levando o inseto à morte.	Fenil-Pirazol- Antagonistas do GABA
7	Fipronil	Atua como antagonista do GABA, seja por contato ou ingestão, provocando agitação do indivíduo contaminado, paralisias e redução das atividades motoras do inseto.	Fenil-Pirazol - Antagonistas do GABA
8	Tiametoxam	Inseticida sistêmico neonicotinóide, capaz de interferir no sistema nervoso do inseto contaminado, atuando nos receptores nicotínicos.	Neonicotinóides- Agonistas da acetilcolina
9	Deltametrina	Inseticida de amplo espectro que atua prolongando a fase aberta dos canais de sódio nos neurônios levando a hiper estimulação do inseto e eventual morte.	Piretróides- Moduladores dos canais de sódio
10	Nicotina, Acetamiprida, Clotianidina, Imidacloprida e Tiametoxam.	Atuam como agonistas nos receptores de acetilcolina (AchR), provocando superestimulação, paralisia e morte do inseto contaminado	Neonicotinóides- Agonistas da acetilcolina

Fonte: Elaborada pelo autor.

Bonmatin (2015) fala que os inseticidas sistêmicos mais utilizados no mundo são os neocotinóides e o fipronil, Eles pertencem ao grupo químico pirazol, mostrando que esses inseticidas possuem a capacidade de alta toxicidade devido à flexibilidade com que podem ser aplicados e por serem de amplo espectro, característica que possibilita a longa persistência no local da aplicação. Eles também se espalham por todas as partes da cultura, além de serem capazes de aderir nos tecidos das plantas, solo e água. Os polinizadores entram em contato direto com o produto durante a pulverização de sementes, aplicação foliar e ao se alimentarem do pólen e néctar contaminados.

Carvalho et al (2009) demonstram que independente do modo de exposição os inseticidas utilizados no estudo, eles se mostraram extremamente tóxicos para as abelhas, principalmente em insetos adultos. Para a sua avaliação, foram utilizados três métodos de aplicação, sendo elas a pulverização, ingestão e contato utilizando suas maiores dosagens recomendadas pelo fabricante, constatado assim que a toxicidade dos produtos para as abelhas por meio da pulverização causou a morte de 100% dos adultos em 9 horas após exposição TL50 (tempo letal). Diante dos dados mostrados neste trabalho sobre a exposição de abelhas *Apis mellifera* aos inseticidas neonicotinóides, pirazóis e piretróides, é possível afirmar que produtos à base destes produtos são os principais responsáveis por causar danos irreversíveis às abelhas, seja em doses letais ou subletais.

El Hassani (2005), em seu estudo, afirma que os pirazóis são inseticidas extremamente tóxicos, pois possuem ação de amplo espectro, além disso, o tempo de meia vida desses produtos é alto fazendo com que permaneçam no ambiente por dias ou até mesmo anos dependendo do tipo de aplicação utilizado. Eles ainda são considerados sistêmicos e podem ser aderidos pelos tecidos das plantas, garantindo assim a sua eficácia no controle a insetos e pragas. Desse modo, esses inseticidas acabam contaminando insetos não visados como as abelhas *Apis mellifera*, que dependem exclusivamente de pólen e néctar e, ao se alimentarem de partes do material vegetal contaminado acabam sendo intoxicadas, desencadeando assim a morte dos indivíduos.

O fipronil, inseticida pertencente à segunda geração dos fenil-pirazóis, é bastante utilizado na medicina veterinária no controle de parasitas e em animais domésticos, mas também se mostrou muito eficaz no extermínio de uma gama de insetos na agricultura.

Eles são altamente tóxicos para as abelhas em doses letais, porém pouco se sabe sobre os efeitos tóxicos e comportamentais nas abelhas em doses subletais. O estudo ainda descreve o ocorrido no sul da França, onde houve um grande despovoamento de colmeias cultivadas. Acredita-se que o ocorrido se trata de uma mortalidade em massa, já que as colmeias foram abandonadas mesmo contendo crias. As operárias forrageavam girassóis cujas sementes foram tratadas com fipronil, uma vez que este é um excelente inibidor de canais de íons cloreto controlado pelo receptor GABA que causa morte dos insetos contaminados por hiperestimulação.

No trabalho desenvolvido por Charreton (2015) é feita uma comparação da capacidade locomotora das abelhas antes e depois da exposição subletal aguda a inseticidas pertencentes aos grupos químicos fenilpirazóis, neocotinóides e piretróides. Os piretróides já são conhecidos como altamente tóxicos para as abelhas, alterando a capacidade locomotora delas, que é extremamente importante para que as abelhas possam desempenhar suas tarefas e seu papel ecológico na natureza, como alimentação das larvas, polinização, limpeza de células de crias entre outras funções. A exposição a tais compostos químicos em doses subletais em 48 horas não causou mortes, mas favoreceu déficits importantes nas abelhas jovens.

Vários subtipos de receptores nicotínicos atuam no comportamento complexo e no processo de memórias, podendo ser alterados devido à ação de doses subletais de neocotinóides. Foi constatado que o fipronil não atua no comportamento das abelhas, mas após cinco dias a exposição delas ao produto, foi observado que o referido produto induziu a mortalidade de uma grande quantidade de indivíduos.

Fernandes (2023) mostrou a alta toxicidade do fipronil para as abelhas com uma dose LD50 de 4,2 ng/abelha em 48 horas de intoxicação oral. Em doses subletais, ele desencadeia vários impactos tais como na reprodução, forrageamento, provoca disbiose intestinal, alterações nas expressões de genes relacionados à imunidade, desenvolvimento e reprodução. Observou-se a hiper estimulação e morte de todos os indivíduos contaminados.

Engel (2021), por sua vez, usa a volatomica, ferramenta que auxilia na busca por marcadores de exposição à xenobióticos, ou seja, componentes químicos não naturais do organismo estudado. Dessa forma, ele pôde estimar os impactos decorrentes do uso de inseticidas agrícolas nas abelhas *Apis melliferas*, visando detectar marcadores

voláteis que comprovam a toxicidade dos mesmos. Foram encontrados marcadores nas cutículas abdominais e nas glândulas sub-cuticulares, onde foi possível observar que o fipronil, por ser um inseticida sistêmico mesmo em doses baixas, pode acarretar vários impactos nas abelhas como na reprodução, desenvolvimento, forrageamento, disbiose intestinal e até mesmo nas expressões de genes de uma unidade.

Outro trabalho que merece destaque é o de Yueyue Liu (2021), que descreve como as abelhas, principalmente as larvas e pupas, se mostraram extremamente sensíveis ao etiprol, inseticida pertencente ao grupo pirazol ou fenilpirazól etiprol age inibido a pupação e a eclosão das larvas, além de aumentar significativamente as atividades das enzimas antioxidantes, induzindo a reação imune nas abelhas. O estudo apresenta a primeira demonstração de concentração subletais de etiprol que desencadeia a inibição do desenvolvimento das abelhas e causa consequências nos sistemas de defesa e imunológico das mesmas.

Zaluski (2015) avaliou a toxicidade do fipronil nas abelhas *Apis mellifera* e suas consequências em doses letais e subletais. Ele constatou que o fipronil desencadeia a agitação, tremores e convulsões nas abelhas quando expostas ao inseticida, reduzindo o desenvolvimento das larvas e pupas. A exposição das colônias aos inseticidas em doses subletais fez com que as abelhas abandonassem a colmeia.

Décio (2021) mostrou que o tiametoxan inseticida neonicotinóides é capaz de aumentar a atividade da acetilcolinesterase (AChE) e da Glutaliona-S-transferse (GST). A concentração de tiametoxan usada nos estudos foi relativamente baixa, o que não causou respostas de GST à intoxicação no intestino médio das abelhas. Após 5 dias de exposição constante ao inseticida, houve uma resposta enzimática na tentativa de proteção do sistema nervoso à degradação causada pelo agente toxicológico.

Christen (2016), por outro lado, escreve os efeitos moleculares dos neocotinóides acetamiprida, clotianidina, imidacloporida e tiametoxan em abelhas, causando efeitos adversos em atividades que envolvam memorização, locomoção e em genes do sistema imunológico devido à capacidade de provocar alterações neles. Posteriormente, outro estudo feito pela autora em 2019 descreveu ações causadas pelo inseticida nas abelhas em dose subletais, tais como alterações transcricionais que afetam significativamente a colmeia.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados mostrados neste trabalho sobre a exposição de abelhas *Apis mellifera* aos inseticidas neonicotinóides, pirazóis e piretróides, confirma-se a hipótese de que estes são um dos principais responsáveis por causar efeitos letais e subletais nas abelhas, provocar danos permanentes, comprometer a qualidade de vida e reprodução dessas abelhas. Apesar de este trabalho ser diretamente voltado aos inseticidas neocotinóides, pirazóis e piretróides, é importante ressaltar que outros grupos e classes de defensivos agrícolas também são extremamente nocivos, fazendo-se necessário buscar novos meios de combate a insetos pragas e ervas daninhas como controles biológicos.

## REFERÊNCIAS

- ASTOLFI, A. Transcriptoma de abelhas *Apis mellifera* L. campeiras expostas à dose ambientalmente relevante do fipronil. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2021.
- BONMATIN, J. M. et al. Environmental Fate and Exposure; Neonicotinoids and Fipronil. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 22, p. 35-67, 2015.
- BORSOI, A. et al. Agrotóxicos: Histórico, atualidades e meio ambiente. *Revista Acta Iguazu*, v. 3, n. 1, p. 86-100, 2014.
- BOVI, T. Toxicidade de inseticidas para abelhas *Apis mellifera* L. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2013.
- CARVALHO, S. M.; et al. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na cultura para abelhas africanizadas *Apis mellifera*. *Arquivo do Instituto Biológico*, v. 76, n. 4, p. 597-606, 2009.
- CHARRETON, M. et al. A locomotor deficit induced by sublethal doses of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the honeybee *Apis mellifera*. *PLoS ONE*, vol. 10, 2015.
- CHRISTEN, V. et al. Transcriptional and physiological effects of the pyrethroid deltamethrin and the organophosphate dimethoate in the brain of honey bees (*Apis mellifera*). *Environmental Pollution*, v. 244, p. 247-256, 2019.
- CHRISTEN, V. ; MITTNER, F. ; FENT, K. Molecular effects of neonicotinoids in honey bees (*Apis mellifera*). *Environmental Science & Technology*, v. 50, n. 7, 2016.
- DA ROSA, J. et al. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: existe uma explicação? *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.

DECIO, P. et al. Enzymatic responses in the head and midgut of Africanized *Apis mellifera* contaminated with a sublethal concentration of thiamethoxam. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 223, p. 112581, 2021.

EL HASSANI, A. et al. Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, v. 1, p. 30-39, 2005.

EICH, A. Histórico de uso e ação de agroquímicos sobre abelhas da espécie *Apis mellifera*. Dissertação (Bacharel em Ciências Biológicas - Zoologia) – Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2015.

FERNANDES, V. et al. A GABA receptor modulator and semiochemical compounds evidenced using volatolomics as candidate markers of chronic exposure to fipronil in *Apis mellifera*. *Metabolites*, v. 13, p. 185, 2023.

FREITAS, B. M; PINHEIRO J. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 282-298, 2010.

GURGEL, L. S. Estabelecimento de parâmetros toxicológicos do imidacloprido, para a abelha sem ferrão *Scaptotrigona* sp. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 39, 2015.

MALASPINA, O. et al. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil: VIII Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto: FUNPEC, p. 41-48, 2008.

NICODEMO, D. et al. Fipronil and imidacloprid reduce honeybee mitochondrial activity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 33, n. 9, p. 2070-2075, 2014.

NOMINATO, F. Análise do efeito de inseticidas neonicotinóides sobre a orientação e coleta de alimento de operárias de *Apis mellifera* L., 1758. (Hymenoptera: Apidae). Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2015.

PACÍFICO-DA-SILVA, I. ; MELO, M. M. ; BLANCO, B. S.. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 10, n. 1, p. 142-157, 2016.

PEREIRA, A. M. Efeitos de inseticidas na sobrevivência e no comportamento de abelhas. 2010. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, p. 106, 2010.

RIGOTTI, M. ; JUNIOR, V. Efeito da pulverização de inseticidas utilizados na cultura de soja sobre adultos de *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera, Apidae) em condições de laboratório. *Observatório de La Economía Latinoamericana*, v. 21, n. 3, p. 1246-1266, 2023.

ROSA, Simone. Uma avaliação dos efeitos advindos de inseticidas organossintéticos sobre abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) no Brasil [Revisão da Literatura]. TCC (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SILVA, Renan do Carmo Marinho; DELLA TORRE, Priscila Aparecida; DE CAMARGO MATOS, Janara. O uso incorreto do inseticida fipronil e sua influência na morte das abelhas no sul do Brasil. *Revista Processando o Saber*, v. 13, p. 93-110, 2021.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão 18 integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo), v. 8, p. 102-106, 2010.

WILLIAMS, Geoffrey R.; et al. Colony collapse disorder in context. *BioEssays*, v. 32, n. 10, p. 845, 2010.

ZALUSKI, Rodrigo; et al. Fipronil promotes motor and behavioral changes in honey bees (*Apis mellifera*) and affects the development of colonies exposed to sublethal doses. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 34, n. 5, p. 102-1069, 2015.