

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**MORTALIDADE DE ABELHAS *Apis mellifera* EM APIÁRIOS E UTILIZAÇÃO
DE AGROTÓXICOS EM *Citrus*: ESTUDO DE CASO NA MICRORREGIÃO DE
ARARAQUARA (SP)**

AMANDA CERQUEIRA

**SÃO CARLOS - SP
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**MORTALIDADE DE ABELHAS *Apis mellifera* EM APIÁRIOS E UTILIZAÇÃO
DE AGROTÓXICOS EM *Citrus*: ESTUDO DE CASO NA MICRORREGIÃO DE
ARARAQUARA (SP)**

AMANDA CERQUEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientação: Prof. Dr. Rodolfo Antônio de Figueiredo.

**SÃO CARLOS - SP
2018**

Cerqueira, Amanda

Mortalidade de abelhas *Apis mellifera* em apiários e utilização de agrotóxicos em Citrus: Estudo de caso na microrregião de Araraquara (SP) / Amanda Cerqueira. -- 2018.
69 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Rodolfo Antônio de Figueiredo

Banca examinadora: Caroline Peters Pigatto De Nardi; Felipe Batistella Filho

Bibliografia

1. Apicultura. 2. Princípios ativos de agrotóxicos. 3. Efeitos subletais em *Apis mellifera*. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Amanda Cerqueira, realizada em 08/06/2018:

Prof. Dr. Rodolfo Antônio de Figueiredo
UFSCar

Prof. Dr. Felipe Batistella Filho
IFSP - Matão

Profa. Dra. Caroline Peters Pigatto De Nardi
IFSP - Matão

RESUMO

Tem sido cada vez mais constante e mediático a mortalidade de abelhas no que tange a atividade apícola e os benefícios ambientais para o equilíbrio ecossistêmico. Vários fatores sob responsabilidade de ação humana são apontados como potenciais precursores da mortalidade ou enfraquecimento de colônias. Pode-se citar como exemplos a contaminação ambiental pelo uso de agrotóxicos e demais produtos químicos e o atual modelo agrícola pautado em extensas áreas de monocultura. Sob a perspectiva da produção apícola, inclui-se as esferas social, econômica e ambiental. Para a discussão dos desafios que os apicultores enfrentam atualmente na atividade, realizou-se entrevistas com 26 apicultores da microrregião de Araraquara, interior do estado de São Paulo. Os agrotóxicos são apontados como potencialmente tóxicos aos polinizadores e as monoculturas de laranja da região são de interesse apícola. Sendo assim, buscou-se investigar, por levantamento de campo, os principais princípios ativos utilizados pelas agroindústrias citrícolas da região de estudo. O contato foi realizado por ligação telefônica e formalizado por um Termo de Responsabilidade. Objetivou-se descrever quais os efeitos subletais que esses produtos são capazes de causar às abelhas *Apis mellifera*. O mel de laranjeira produzido na região foi utilizado como matriz para análise laboratorial de resíduos dos princípios ativos obtidos através de cromatografia líquida e gasosa. Constatou-se que a maioria dos agrotóxicos em discussão pertencem ao grupo químico dos neonicotinóides e organofosforados, os quais são capazes de causar uma série de prejuízos aos indivíduos e integridade da colônia. Não foram detectados resíduos dos agrotóxicos obtidos nas amostras de méis de laranja da região, mas a mortalidade de abelhas em apiários continua sendo um problema frequente segundo os apicultores entrevistados.

Palavras-chave: apicultura; produção de mel; toxicidade; efeitos subletais.

ABSTRACT

It has been increasingly constant and mediatic the mortality of bees with regard to beekeeping activity and the environmental benefits for the ecosystem balance. Several factors under the responsibility of human action are pointed out as potential precursors of mortality or weakening of colonies. Environmental contamination by the use of agrochemicals and other chemical products and the current agricultural model based on extensive monoculture areas can be mentioned as examples. From the perspective of apicultural production, the social, economic and environmental spheres are included. For the discussion of the challenges that beekeepers are currently facing in the activity, interviews were conducted with 26 beekeepers from the Araraquara microregion, in the state of São Paulo. The pesticides are considered as potentially toxic to pollinators and the orange monocultures of the region are of beekeeping interest. Thus, we sought to investigate, by field survey, the main active principles used by the citrus agro-industries of the study region. The contact was made by phone call and formalized by a Term of Responsibility. The objective was to describe the sublethal effects that these products are capable of causing *Apis mellifera* bees. The orange honey produced in the region was used as a matrix for laboratory analysis of residues of the active ingredients obtained by liquid and gas chromatography. It was verified that most of the pesticides under discussion belong to the chemical group of neonicotinoids and organophosphates, which are capable of causing a series of damages to the individuals and integrity of the colony. No residues of the agrochemicals obtained in the samples of orange honeys of the region were detected, but the mortality of bees in apiaries remains a frequent problem according to beekeepers interviewed.

Keywords: beekeeping; honey production; toxicity; sublethal effects.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	7
CAPÍTULO 1: Percepção ambiental de apicultores: Desafios do atual cenário apícola no interior de São Paulo	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAIS E MÉTODOS	16
2.1 <i>Seleção dos apicultores e delimitação da região de estudo</i>	16
2.2 <i>Coleta de dados: realização das entrevistas</i>	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 2: Agrotóxicos de citros e a apicultura: levantamento de princípios ativos, toxicidade sobre <i>Apis mellifera</i> e contaminação de mel	25
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAIS E MÉTODOS	29
2.1 <i>Delimitação da região de estudo</i>	29
2.2 <i>Obtenção das amostras de agrotóxicos</i>	310
2.3 <i>Revisão bibliográfica</i>	301
2.4 <i>Obtenção das amostras de mel</i>	321
2.5 <i>Análise laboratorial</i>	312
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 <i>Avaliação ambiental de agrotóxicos para abelhas</i>	33
3.2 <i>Agrotóxicos obtidos</i>	36
3.2.1 <i>Toxicidade e efeitos sobre <i>Apis mellifera</i></i>	41
3.2.1.1 <i>Neonicotinoides (Tiametoxam e Imidacloprido) e Antranilamida+Neonicotinoide (Clorantropilprole+Tiametoxam)</i>	42
3.2.1.2 <i>Organofosforados (Clorpirifós, Dimetoato, Malationa)</i>	46
3.2.1.3 <i>Glicina Sostituída (Glifosato) e Triazolona (Carfentrazone-Etílica)</i>	49
3.3 <i>Resíduos de Agrotóxicos em alimentos: o mel como indicador ambiental</i>	51
3.3.1 <i>Detecção laboratorial de resíduos de agrotóxicos nas amostras de mel</i>	53
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PESSOAIS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pomares produtivos de laranja nas regiões do Cinturão Citrícola.....	30
Figura 2 - Etapas gerais da reavaliação ambiental de agrotóxicos.....	35
Figura 3 - Relação entre quantidade e periculosidade ambiental de agrotóxicos comercializados no Brasil.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Perguntas realizadas aos apicultores	17
Tabela 2- Relação dos agrotóxicos abordados no presente estudo.....	36
Tabela 3- princípios ativos mais vendidos no Brasil no ano de 2016	38
Tabela 4 – Informações sobre toxicidade a abelhas e Classificação de Potencial de Periculosidade Ambiental obtidas nas bulas dos agrotóxicos abordados no presente estudo.....	40

INTRODUÇÃO GERAL

A domesticação e manejo de abelhas é datada desde a pré-história, onde o mel é descrito desde então como um alimento nobre, com propriedades energéticas e terapêuticas. Compreendeu-se mais tarde que a relação com esses insetos possuía um valor além daquele atribuído aos produtos da colmeia, e o aprimoramento das técnicas de criação de abelhas ganhou destaque como sendo uma atividade de íntima relação entre homem, animal, produção de alimento e reprodução de espécies vegetais, destacando-se o processo de polinização (SHIRMER, 1985).

As abelhas encontram suas fontes de pólen e néctar utilizando alguns critérios específicos relacionados ao olfato e a visão. O odor emitido pelas flores pode ser detectado há quilômetros de distância e é comunicado às outras operárias na colmeia. Como possuem boa visão, a cor e a morfologia da flor exercem importante papel sobre a atratividade: tendem para comprimentos de onda curtos e preferem flores com cinco pétalas separadas ao invés de flores com pétalas em formato de círculo (CRANE, 1983; FREE, 1993). Esses fatores explicam a atratividade das abelhas pelas flores da laranjeira, conhecidas por liberarem odor característico e forte, coloração branca e cinco pétalas separadas, sendo as visitas florais mais frequentes no período da manhã. A espécie *Apis mellifera* é geralmente a visitante floral mais presente em relação às outras abelhas nos pomares de laranja e contribuem com aumento na produção dos frutos (CRANE, 1983; GAMITO; MALERBO-SOUZA, 2006; VIDAL et al., 2008; GIANNINI et al., 2015).

A localização da fonte de alimento é ensinada dentro da colmeia a partir de movimentos que indicam a distância, ângulo, direção e odor. Tais movimentos organizados imitam uma espécie de dança, sendo chamado portanto de “dança do requebrado” ou “dança do oito”, e é um importante mecanismo de comunicação entre as abelhas operárias para obtenção de alimento e manutenção das necessidades da colônia. Portanto, a localização de instalação da colmeia é um fator a ser ponderado no que tange a disponibilidade de recursos florais, água e condições adequadas de manejo quando inseridas no contexto da atividade apícola (CRENE, 1983; SENAR, 2010; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; UNEP, 2010; GONÇALVES, 2012). Assim sendo, a busca por pasto apícola leva a maioria dos apicultores a realizarem a migração de seus apiários para as proximidades de locais que possam fornecer alimentação natural às abelhas (VIDAL et al., 2008; SENAR, 2010; GIANNINI et al., 2015).

O cenário ideal para a produção apícola se pauta na preservação grandes áreas de matas naturais com florações alternadas (ALAUX et al., 2011), o que não ocorre no atual sistema brasileiro, pautado na produção de alimentos em que muitas áreas já foram, e continuam sendo, desmatadas para inserção de monoculturas (CONAB, 2016; IBGE, 2016). Porém, analisando oportunidades no cenário da agricultura, e considerando que abelhas são insetos dirigíveis e dependentes de pasto apícola, sendo que os vegetais não se reproduzem todos ao mesmo tempo, a apicultura migratória torna-se uma alternativa vantajosa à apicultores e produtores. Os apicultores teriam boa produção de mel e outros subprodutos pela quantidade de pólen e néctar coletados e metabolizados pelas abelhas e os agricultores, em troca, seriam beneficiados pela polinização (SCHIRMER, 1985; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; YAMAMOTO et al.; 2014; DONKERSLEY et al., 2014).

Vários países americanos e europeus têm registrado nos últimos dez anos um fenômeno conhecido como o "Colapso do desaparecimento das colmeias" (*Colony Collapse Disorder* ou CCD). O declínio de abelhas tem sido considerado, pela apicultura e pela agricultura, um dos maiores problemas para a produção de alimentos e produção de produtos apícolas, tendo em vista a incontestável importância dos serviços de polinização pelas abelhas. O CCD é caracterizado por um desaparecimento inesperado e rápido de abelhas resultando em grandes prejuízos econômicos e ambientais (BIESMEIJER et al., 2006; FAO, 2010; GONÇALVES, 2012). Trata-se de uma preocupação mundial, principalmente nos Estados Unidos, Europa, América do Sul e China, que tem ganhado cada vez mais a atenção de pesquisadores, ambientalistas e autoridades. Os benefícios ecológicos das abelhas são incontestáveis e alguns fatores têm sido apontados como os responsáveis pelo CCD: ataques por fungos, ácaros, manejo incorreto das colmeias em transporte, problemas nutricionais e limitação de fontes florais, vírus e produtos químicos utilizados na agricultura. Esse último se destaca por serem amplamente utilizados em sistemas convencionais de plantio como principal forma de controle de pragas (BIESMEIJER et al., 2006; FRAZIER et al., 2008; COSTA, 2016; GONÇALVES, 2012).

A mortalidade de polinizadores e o aumento da resistência de pragas a esses produtos são cada vez mais frequentes ao passo que cresce a quantidade em volume e de tipos de agrotóxicos utilizados na atividade agrícola (CAPANHOLA, 1997; FRAZIER et al., 2008; IBAMA, 2017). Cenário que se contrapõe ao fato de que o alto grau de polinização garante menor exposição da flor às pragas, reduzindo a necessidade de utilização de inseticidas (SCHIRMER, 1985).

O tempo de degradação dos agrotóxicos no ambiente é muito variável, mas sua ação nos insetos pode ser fatal em pouco tempo após a exposição ou após longo período de contato por sua capacidade residual. A exposição a doses subletais pode resultar em diversos problemas fisiológicos e comportamentais nos indivíduos adultos ou em fase larval, comprometendo a integridade da colmeia. Alguns efeitos observados são: baixa imunidade a patógenos, alterações morfológicas e fisiológicas, distúrbios comportamentais, diminuição de forrageamento, perda da orientação, alteração da atividade de voo e olfativa, dentre outros fatores (RORTAIS et al., 2005; COSTA et al., 2016; PACÍFICO DA SILVA et al., 2016; LIMA; ROCHA, 2012).

Além dos serviços de produção apícola e polinização, as abelhas atualmente ganharam destaque como bioindicadores de condições ambientais através da análise laboratorial. Assim, se as colônias estiverem instaladas próximas a locais de cultivo agrícola ou locais com concentração de poluentes atmosféricos, provenientes de indústrias, centros urbanos ou acúmulo de lixos, os produtos das colônias e as abelhas, principalmente as campeiras, estarão vulneráveis a contaminação através da absorção ou contaminação uma matriz relevante, como o pólen e néctar (PORRINI et al., 2003; BARGANSKA et al., 2016; GODFRAY et al., 2014). A contaminação do mel torna-se ainda mais relevante quando englobado no contexto econômico da exportação: o mercado internacional é muito exigente quanto a qualidade dos produtos que importa, principalmente na União Européia (PORRINI et al., 2003; BARGANSKA et al., 2016).

Neste cenário de desafios apícolas ocasionados principalmente pela utilização de agrotóxicos na agricultura, o presente trabalho visa a apresentação de dados do atual contexto vivenciado no interior do estado de São Paulo, apontado pela mídia como um dos principais locais afetados pela mortalidade de abelhas em apiários. Por se tratar de uma região geograficamente extensa, o foco será dado à microrregião de Araraquara. Os resultados da pesquisa são aqui estruturados em dois artigos científicos. O primeiro buscou a elucidação dos desafios enfrentados pelos apicultores da microrregião em questão, através do uso da percepção ambiental, com o objetivo de dar voz aos principais prejudicados social e economicamente pelos danos ocasionados na apicultura. O segundo artigo foi elaborado com o propósito de investigar, através de um levantamento de campo, quais os principais agrotóxicos utilizados pelas agroindústrias cítricas por serem responsáveis por grandes áreas de monocultura de laranja na região selecionada para o estudo. Objetivou-se ainda analisar em laboratório méis de florada de laranjeira, produzidos na região selecionada, para detecção de resíduos dos agrotóxicos obtidos no levantamento anterior. Todos esses objetivos foram alavancados a partir do

destaque e divulgação pela mídia em relação a casos de mortalidade de abelhas e destruição de apiários no interior do estado de São Paulo ocasionados pela utilização de agrotóxicos apontados como potencialmente tóxicos às abelhas. O fechamento do segundo artigo traz ainda resultados de levantamento bibliográfico sobre os efeitos da toxicidade dos agrotóxicos adquiridos e da análise laboratorial de méis de laranja produzidos na região do estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAUX, C.; DANTEC, C.; PARRINELLO, H.; LE CONTE, Y. Nutrigenomics in honeybees: digital gene expression analysis of pollen's nutritive effects on healthy and varroa-parasitized bees. **BMC Genomics**, v. 12, p. 496-509, 2011.

BARGANSKA, Z.; SLEBIODA, M.; NAMIESNIK, J. Honey bees and their products: bioindicators of environmental contamination, **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol**, v. 46, n. 3, p. 235–248, 2016.

BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMULLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J.; KUNIN, W. E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science New Series**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.

CAPANHOLA, C. **Estratégias de manejo da resistência de pragas a pesticidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1997.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Monitoramento agrícola – cana-de-açúcar. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar**, v. 3, n. 3, p. 1-74, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Hayd%C3%A9%20Torres/Downloads/Boletim_Cana_3_Levantamento_15-16%20(1).pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

COSTA, L. M.; GRELLA, T. C.; BARBOSA, R. A.; MALASPINA, O. NOCELLI, R. C. F. Determination of acute lethal doses (LD50 and LC50) of imidacloprid for the native bee *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 62, p. 578-582, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/792/771>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

CRANE, E. **O livro do mel**. São Paulo: Nobel, 1985.

DONKERSLEY, P.; RHODES, G.; PICKUP, R.W.; JONES, K.C.; WILSON, K. Honeybee nutrition is linked to landscape composition. **Ecology and Evolution**, v. 4, p. 4195-4206, 2014.

FAO. **FAOSTAT Production: live animals**. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

FRAZIER, M.; MULLIN, C.; FRAZIER, J.; ASHCRAFT, S. What have pesticides got to do with it? **American Bee Journal**, v. 148, p. 521-523, 2008.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops plants**. New York: Academic Press, 1993.

GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Sci. Anim. Sci. Maringá**, v. 28, n. 4, p. 483-488, 2006.

GIANNINI, T.C.; CORDEIRO, G.D.; FREITAS, B.M.; SARAIVA, A.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 1-9, 2015.

GODFRAY, H. C. J.; BLACQUIÈRE, T.; FIELD, F. M.; HAILS, R. S.; PETROKOFKY, G.; POTTS, S. G.; RAINE, N. E.; VANDERGEN, A. J.; MCLEAN, A. R. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. **Proc. R. Soc. B**, v. 281, 2014.

GONÇALVES, L.S. O desaparecimento das abelhas, suas causas, consequências e o risco dos neonicotinoides para o agronegócio apícola. **Mensagem Doce**, v. 117, p. 2-12, 2012.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**, 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2016, v. 43, p. 1-49, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/media/com_materialdeapoio/arquivos/ea77821e06cad1457f9b35c1abe2137f.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotrop**, v. 10, n. 4, p. 59-62, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/abstract?article+bn00910042010>>. Acesso em: 05 maio 2018.

LIMA, M. C.; ROCHA, S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil**: proposta metodológica de acompanhamento. Brasília: Ibama, 2012. 88p.

PACÍFICO DA SILVA, I.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.10, n. 1, p. 142-157, 2016. Disponível em: <<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/296/1412>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

PORRINI, C.; SABATINI, A. G.; GIROTTI, S.; GHINI, S.; MEDRZYCKI, P.; GRILLENZONI, F.; BORTOLOTTI, L.; GATTAVECCHIA, E. AND CELLI, G. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. **Apiacta**, v. 38, p. 63-70, 2003. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/228848146 Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination](https://www.researchgate.net/publication/228848146_Honey_bees_and_bee_products_as_monitors_of_the_environmental_contamination)>. Acesso em: 02 abr. 2018.

RORTAIS, A.; ARNOLD, G.; HALM, M. P.; TOUFFET-BRIEN, F. Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. **Apidologie**, v. 36, p. 71-83, 2005. Disponível em: <<http://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/2005/01/M4053.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

SCHIRMER, L. R. **Abelhas ecológicas**. Nobel, São Paulo, 1985. 218p.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Abelhas *Apis mellifera*: instalação do apiário**. 2. ed. Brasília: SENAR, 2010. 80p.

VIDAL, M. G.; SANTANA, N. S.; VIDAL, D. Flora apícola e manejo de apiários na região do recôncavo sul da Bahia. **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient.**, v. 6, n. 4, p. 503-509, 2008.

CAPÍTULO 1

Percepção ambiental de apicultores: Desafios do atual cenário apícola no interior de São Paulo

Publicado na revista **Acta Brasiliensis**, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 17-21, set. 2017. ISSN 2526-4338. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/54>>. Acesso em: 07 maio 2018.

doi: <https://doi.org/10.22571/Actabra13201754>.

Reformatado conforme as normas da ABNT NBR 14724/2011.

RESUMO

A mortalidade e o desaparecimento de abelhas têm sido cada vez mais frequentes no mundo, afetando conseqüentemente a atividade apícola que exerce significativa importância nos âmbitos ambiental, social e econômico no Brasil. O objetivo dessa pesquisa foi compreender os principais desafios que a apicultura enfrenta atualmente na perspectiva dos apicultores da microrregião de Araraquara, interior de São Paulo. Os apicultores foram selecionados por meio da técnica “bola de neve” e participaram de uma entrevista semiestruturada que abordou as esferas social, econômica e ambiental da atividade apícola. A percepção dos 26 apicultores participantes foi analisada através da Análise Textual Discursiva e indicou o atual sistema de produção agrícola, baseado em extensas áreas de monoculturas e uso intensivo de agrotóxicos, como o principal problema enfrentado para manutenção da atividade. Os entrevistados percebem o ambiental considerando o ser humano parte integrante da natureza, sendo este afetado por suas próprias ações. Têm a percepção do importante papel das abelhas no equilíbrio do ecossistema e na produção de alimentos. Os relatos apresentados demonstram preocupação com a saúde ambiental, enfatizando a falta de comprometimento do governo com a preservação dos recursos naturais em prol de um sistema de produção agrícola e industrial insustentável.

Palavras-chave: apicultura; meio ambiente; produção agrícola; produção de mel.

Environmental perception of beekeepers: challenges of the current beekeeping scene in the interior of São Paulo

Published in **Acta Brasiliensis**, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 17-21, set. 2017. ISSN 2526-4338. Available in:
<<http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/54>>. Access in: 07 may 2018.

doi: <https://doi.org/10.22571/Actabra13201754>.

Formatting according to the norms of ABNT NBR 14724/2011

ABSTRACT

Mortality and the disappearance of bees have been increasingly frequent in the world, consequently affecting the beekeeping activity that has significant importance in the environmental, social and economic spheres in Brazil. The objective of this research was to understand the main challenges that beekeeping currently faces from the perspective of beekeepers in the region of Matão, in the interior of São Paulo. The beekeepers were selected through the "snowball" technique and participated in a semi-structured interview that addressed the social, economic and environmental spheres of beekeeping. The perception of beekeepers was analyzed through Discursive Textual Analysis and indicated the current system of agricultural production, based on extensive areas of monocultures and intensive use of pesticides, as the main problem faced to maintain the beekeeping activity. The interviewees perceive the environmental considering the human being an integral part of nature, being affected by their own actions. They are aware of the important role of bees in the balance of the ecosystem and in the production of food. The reports presented demonstrate the real concern with environmental health, emphasizing the government's lack of commitment to the preservation of natural resources in favor of a self-destructive agricultural and industrial production system.

Keywords: beekeeping; environment; agricultural production; honey production.

1. INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores garantem ao ser humano e ao meio ambiente benefícios relativos à produção de alimentos, à conservação da diversidade biológica, à restauração de agroecossistemas e ao crescimento econômico do país (IPBES, 2016; CGEE, 2017). As abelhas são os agentes polinizadores mais eficientes e, junto com os demais polinizadores, são responsáveis por 9,5% do montante financeiro da produção agrícola de alimentos em nível mundial (GALLAI et al., 2009), além da produção de mel e outros produtos na apicultura. Giannini et al. (2015) estimaram os serviços de polinização na produção do campo brasileiro, nas culturas dependentes de polinização, em cerca de U\$12 bilhões do total de U\$45 bilhões gerados.

Dentre os principais visitantes florais está a abelha africanizada (*Apis mellifera*), que produz cerca de 40 mil toneladas anuais de mel, colocando o Brasil entre os onze maiores produtores mundiais (IBGE, 2016). A apicultura brasileira é responsável por 450 mil trabalhadores no campo, além de 16 mil empregos diretos e indiretos, e em 2015 apresentou faturamento de aproximadamente 360 milhões com queda de produção em 1,7% em relação a 2014 (IBGE, 2016). Portanto é uma atividade agrícola que fornece renda no campo e contribui para a balança comercial no que tange a exportação de alimentos e demais produtos das colmeias (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

Segundo a *Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)*, estima-se que haja aproximadamente 81 milhões de colméias de abelhas no mundo, responsáveis pela produção de 1,6 milhão de toneladas de mel por ano (IPBES, 2016). Todavia, a produção apícola vem enfrentando desafios, que resultam em grandes prejuízos econômicos e ambientais (GONÇALVES, 2012), já que a polinização é necessária para a manutenção da flora, em qualquer ecossistema mundial. Logo, interferências negativas sobre os polinizadores podem levar à redução da capacidade reprodutiva das espécies vegetais, afetar a paisagem e a estrutura do ecossistema (NEVES, 2008).

Os prejuízos na atividade apícola nos âmbitos econômico-sociais e ambientais, podem ser mais significativamente perceptíveis em primeira instância pelos apicultores, uma vez que a produção de mel pode indicar problemas ocorrentes no campo. Marcomin e Sato (2016) discorrem sobre a percepção ambiental considerando os diferentes significados e valores da relação do ser humano com o mundo, considerando as individualidades e a forma de interação de cada sujeito. Por

consequência, tal individualidade traz consigo a dificuldade na percepção da importância da proteção do meio ambiente, já que os diferentes grupos socioeconômicos agem de acordo com a valorização entendida e seus próprios interesses no plano social e ambiental (HOEFFEL; FADINI, 2007).

Neste contexto, a presente pesquisa teve por objetivo compreender os principais desafios que a apicultura enfrenta atualmente na perspectiva dos apicultores da microrregião de Araraquara, interior de São Paulo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Seleção dos apicultores e delimitação da região de estudo

A pesquisa foi desenvolvida com 26 apicultores selecionados a partir de uma rede de contatos entre os próprios apicultores, técnica de amostragem denominada “*snowball sampling*” (“bola de neve”), desenvolvida por Goodman (1961) e discutida atualmente no Brasil por pesquisadores como Vinuto (2014). O uso da amostra não probabilística foi necessário perante a dificuldade em localizar os profissionais, uma vez que essa profissão não é na prática uma atividade formal, tornando-se um grupo de limitado acesso. Foram encontrados apenas dois registros de apicultores em órgãos públicos da região, sendo esses profissionais as “sementes” que desencadearam as indicações de novos participantes a partir da rede pessoal de cada um. A “bola de neve” se expandiu em cada entrevista até que o quadro de amostragem tornou-se saturado pela falta de indicação que atendesse os critérios da pesquisa, e/ou que não demonstraram interesse em participar do trabalho após a apresentação dos objetivos. O critério de seleção baseou-se na localização onde residem e mantêm os apiários, desenvolvendo assim a atividade apícola na microrregião de Araraquara (SP). Tal região se destaca por possuir extensas áreas de cultivo de laranja, atividade agrícola (CITRUSBR, 2017) de alto interesse econômico para agricultores e apicultores, mas sobre a qual se aplica elevada quantidade de agrotóxicos, potencialmente tóxicos às abelhas e demais polinizadores, como primeira alternativa de controle a pragas e doenças (FREITAS; PINHEIRO, 2012; ANVISA, 2017).

2.2 Coleta de dados: realização das entrevistas

As entrevistas foram realizadas no ano de 2017, entre os meses de janeiro e abril, em horário e local estabelecidos por cada participante a fim de manter o contato

em clima de confiança. Os entrevistados receberam e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO II), previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (n.098196/2016), no qual constavam os esclarecimentos da pesquisa e a autorização para gravação. Um demonstrativo da aprovação pode ser consultado no ANEXO I deste trabalho. A entrevista semiestruturada foi conduzida a partir de 20 questões, mas apenas cinco delas referentes à relação “Apicultura x Meio Ambiente” e a relação “Apicultura x Meio Ambiente x Agricultura” (Tabela 1) serão discutidas aqui. As gravações foram transcritas e os apicultores participantes serão referidos como “AP1”, “AP2”... “AP26”.

Tabela 1- Perguntas realizadas aos apicultores

Relação	Perguntas
Apicultura x Meio Ambiente	O que as abelhas representam pra você? E para o meio ambiente? Sempre manteve os apiários nas mesmas áreas? Nas regiões dos apiários, você presencia a práticas que considera prejudiciais à natureza?
Agricultura x Apicultura x Meio Ambiente	Quais os principais problemas que enfrenta durante as floradas da cultura de laranja? Há os mesmos problemas em floradas silvestres? Como você relaciona danos ambientais e a agricultura com a atividade apícola?

Análise dos dados

Para análise dos dados foi utilizada a Análise Textual Discursiva, em uma abordagem qualitativa para a compreensão da produção de significados sobre os fenômenos investigados (MORAES; GALIAZZI, 2016). A pesquisa, portanto, buscou elementos da profissão que se relacionam intimamente com complexidade do meio ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil dos profissionais apícolas entrevistados foi diversificado quanto a faixa etária (de 26 a 86 anos) e tempo de profissão (de 5 a 52 anos). Em relação ao gênero, a porcentagem de mulheres apicultoras foi de 15,3% (quatro mulheres), um número aparentemente baixo, mas significativo considerando o empoderamento da

mulher frente às profissões majoritariamente masculinas para a sociedade, principalmente no que tange o meio rural (MELO; SABATTO, 2008). Neste contexto, faz-se importante ressaltar que o termo “apicultor” aqui fará referência ao profissional apícola, sem distinção de gênero, necessário apenas por uma questão de padronização de tratamento.

A maior parte dos apicultores (84,6%) ingressou na profissão a partir de familiares (avôs, pais, tios e primos) e mantiveram-se com as experiências adquiridas e busca de novos conhecimentos. Aqueles que possuem menor tempo de profissão têm a atividade como complemento de renda, manifestando o desejo de dedicarem-se somente a criação de abelhas futuramente. Os que dedicam-se a apicultura como profissão integral representam 69,2% dos entrevistados e, por consequência, são os que dedicam mais tempo ao manejo das colmeias, possibilitando maior produtividade e renda já que a eficiência na produção de produtos apícolas é dependente do objetivo e do manejo que recebem (SENAR, 2010).

A partir da questão “o que as abelhas representam para você? E para o meio ambiente?” pôde-se notar que o valor das abelhas vai além do interesse econômico pela venda dos produtos apícolas. Há nas respostas uma dimensão estética, de valor sentimental e de admiração da profissão e do papel das abelhas na produção de alimentos no campo.

Foi citado por três participantes uma frase atribuída a Albert Einstein, que diz que se as abelhas desaparecerem da Terra, a humanidade desaparecerá em quatro anos. Mas, a essência da mensagem foi transmitida de diferentes formas por quase todos os apicultores, como nos seguintes exemplos:

“Para o meio ambiente [a abelha] é tudo! Se não tiver polinização acabou o verde, acabou humano, vida animal”(AP4);

“Já estão falando até na televisão que sem abelha, daqui uns anos, não vai mais ter mundo, né? Vai acabar. Então acho que a abelha é tudo!”(AP7);

“Pro meio ambiente, se a gente perde as abelhas não vai significar mais nada, né? Acabou tudo” (AP14).

Neste sentido de importância das abelhas ao meio ambiente, faz-se relevante apontar a presença palavra “polinização” nos discursos por significar a percepção de que a importância das abelhas está além da produção de mel. Assim,

50,0% citam a palavra “polinização” uma ou mais vezes, demonstrando conhecimento sobre o serviço ecossistêmico que as abelhas prestam ao meio ambiente e a produção de alimentos no campo; 30,7% não citam diretamente a palavra “polinização”, mas expressam similaridade com polinização abordando questões sobre produção de alimentos, equilíbrio ecossistêmico e importância das abelhas nas floradas enfatizando a produção de mel; e cinco dos 26 (19,2%) apicultores entrevistados consideram que as abelhas são importantes para o meio ambiente, mas não discorrem sobre o porquê dessa importância.

O interesse na migração dos apiários (referente à questão: “Sempre manteve os apiários nas mesmas áreas?”) está em conhecer o entorno da área onde eles estão inseridos, a busca por otimização dos recursos alimentares e a predominância da florada que caracteriza o mel. Do total de entrevistados, 76,9% praticam apicultura migratória e a maioria busca, especificamente, as floradas silvestre, de laranjeira e de eucalipto de acordo com os respectivos meses de floração.

Tal fato demonstra que a apicultura migratória é uma alternativa vantajosa à apicultores por não precisarem alimentar as colmeia artificialmente quando não há floradas próximas (SCHIMER, 1985; FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Os apicultores, na busca por recursos florais de culturas agrícolas, almejam uma boa produção de mel e outros subprodutos pela quantidade de pólen e néctar disponíveis às abelhas. Por outro lado, agricultores são beneficiados pela polinização, garantindo uma produção de frutos e/ou sementes com maior qualidade e quantidade (SCHIMER, 1985; FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005; GAMITO; MALERBO-SOUZA, 2006), dependendo do nível de dependência da flor pela polinização (GIANNINI et al., 2015).

A migração em busca da florada de laranjeira está pautada na alta aceitabilidade desse tipo de mel no mercado, nacional e internacional, por apresentar aroma e sabor característicos e ser de coloração mais clara quando comprado aos méis de floradas silvestres e de eucalipto. Porém, a maior rentabilidade pertence ao fruto dessa cultura, uma vez que a as flores de citros quando polinizadas por abelhas aumentam em até 28% a produção e conferem às frutas características desejáveis pela indústria (SCHIRMER, 1985; MALERBO-SOUZA et al., 2004; GAMITO; MALERBO-SOUZA, 2006).

Os benefícios da polinização por *Apis mellifera* em citros, no entanto, parecem não ser relevantes aos produtores da região estudada. As respostas obtidas a partir das perguntas “Quais os principais problemas que enfrenta durante as floradas da

cultura da laranja?” e “Nas regiões dos apiários, você presencia práticas que considera prejudiciais à natureza?” apontam o uso de agrotóxicos, aplicado principalmente via pulverização aérea, como sendo o principal responsável por danos ambientais e aos apiários.

Apenas três apicultores (11,5%) não mencionaram perdas de colmeias e/ou apiários inteiros pelo menos uma vez durante as floradas, após a aplicação dos agrotóxicos nas monoculturas de laranja e cana-de-açúcar. Do total de participantes, 88,4% dos apicultores relataram perdas significativas de colmeias e/ou apiários inteiros ocasionada por agrotóxicos. Os efeitos notados após a pulverização são grande quantidade de abelhas mortas próximas as colmeias e/ou abelhas desorientadas, colmeias que deixam de produzir ou não conseguem se fortalecer para produzir, abandono das crias, presença de muitos insetos mortos próximo aos apiários e cheiro de veneno. Apontaram ainda que muitas vezes a pulverização é realizada sem a devida fiscalização e controle das condições climáticas.

O uso indiscriminado de agrotóxicos tem causado impacto sobre a população de abelhas em todo o mundo (FREITAS; PINHEIRO, 2012; MARQUES et al., 2015; GALLAI et al., 2009). Os autores Marques et al. (2015) e Pacífico da Silva et al. (2016) enfatizam ainda que a disseminação desses produtos muitas vezes não vem acompanhada pela divulgação dos efeitos adversos à saúde do meio ambiente e dos seres vivos.

O Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2017) traz que em 2009 o Brasil se tornou líder mundial no consumo de agrotóxicos, fato impulsionado pelo incentivo do governo brasileiro a partir da redução dos impostos e à liberdade de utilização de princípios ativos banidos em outros países, conforme pode-se constatar na Lei nº.7.802/89, no Decreto n.8133/13 e na lista de ingredientes ativos com uso autorizado e banidos no Brasil da Anvisa (2017).

Documento do IPBES (2016) cita que a *Convention on Biological Diversity* (CBD) sugere maior avaliação dos riscos a polinizadores e divulgação ao público de alguns pesticidas. Questão importante considerando que os agrotóxicos atualmente utilizados, como exemplo os neonicotinoides, são altamente tóxicos às abelhas, afetando a memória, o olfato, o voo e a orientação (GONÇALVES, 2012; FAIRBROTHER et al., 2014).

Além do uso de agrotóxico, a expansão das áreas de monocultura de cana-de-açúcar na região, com conseqüente perda de habitat, está entre os fatores mais citados como prejudiciais à apicultura e ao meio ambiente. A produção de cana-de-

açúcar no estado de São Paulo é responsável por 55,2% da produção nacional. Essa cultura apresentou crescimento de 6,2% de área plantada em 2016 no estado, totalizando 4.777,2 mil hectares (CONAB, 2016). O Conab (2016) enfatiza ainda que as condições climáticas foram favoráveis em São Paulo contribuíram para o desenvolvimento dos canaviais recém-plantados. Tais dados confirmam dos relatos dos apicultores sobre a expansão das áreas plantadas de cana-de-açúcar na região estudada.

A pergunta “Como você relaciona danos ambientais a agricultura com a atividade apícola?” levantou algumas críticas pelos apicultores em relação a falta de empenho do governo para se combater o uso de agrotóxicos potencialmente tóxicos aos polinizadores, ao solo e à água, ao mesmo tempo em que trazem o questionamento sobre os prejuízos para a saúde humana a partir da ingestão de veneno. A crítica ao governo se estende a falta de incentivo ao desenvolvimento da apicultura no Brasil e o não reconhecimento da profissão. Apenas 7,5% dos participantes citam o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (*Pronaf*) como sendo uma ação governamental que beneficia o apicultor, e 11,5% reconhecem o SEBRAE como órgão engajado no desenvolvimento da apicultura. A maior parte dos entrevistados (80,7%) considera que não recebe apoio de qualquer tipo de organização (governamental ou não) no trabalho com as abelhas, e alguns ressaltam a alta taxa de impostos sobre a venda de mel. Sobre isso, destaca-se a seguinte fala:

“Você tem o melhor produto do mundo, uns dos melhores méis do mundo. Nosso mel é todo exportado, todos lá fora compram mel e aqui você não tem apoio do governo, né? Aqui nosso apoio infelizmente é zero.” (AP6).

Assim, em localidades onde o apicultor é inserido no mercado formal, geralmente há o entendimento do papel da apicultura naquela região, considerando sua importância econômica e nos serviços ecossistêmicos (PASSIN; TERESO, 2008), fato que não condiz com o atual cenário apícola brasileiro, segundo os relatos dos apicultores entrevistados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A percepção ambiental dos apicultores mostrou-se crítica perante os prejuízos e danos ambientais ocasionados pelas ações antrópicas que afetam intimamente a profissão. Há preocupação frente a saúde ambiental e ao futuro da produção agrícola pelo declínio de polinizadores, em especial às abelhas. Percebem que

os danos ambientais ocasionados pelo atual modelo agrícola brasileiro, pautado em extensas áreas de monoculturas e aplicação de produtos químicos potencialmente tóxicos ao meio ambiente, afeta diretamente os apicultores por serem, em sua maioria, profissionais autônomos dependentes de pasto apícola cada vez mais reduzido e menos disponível às abelhas melíferas.

Há o entendimento por parte dos apicultores sobre a importância das abelhas à produção de alimentos no campo e na reprodução das espécies vegetais, sendo a produção de mel expressiva para a economia do país. As informações obtidas nesta pesquisa mostram que ações de políticas públicas e de iniciativas privadas/industriais frente aos desafios apontados são urgentes e necessárias não só ao setor apícola, mas também visando a saúde ambiental, de produção de alimentos e segurança alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Listas de ingredientes ativos com uso autorizado e banidos no Brasil.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/agrotoxicos>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 8.133, de 28 de outubro de 2013.** Dispõe sobre a declaração de estado de emergência fitossanitária ou zoossanitária de que trata a Lei nº 12.873, de 24 de outubro de 2013, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/D8133.htm>. Acesso em: 20 jul. 2017.

BRASIL. **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, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Revogado pelo Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002. Diário Oficial da União, Edição nº 5, Seção 1, Brasília, DF 12 jan. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CGEE - Centro de gestão e estudos estratégicos. **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global.** Brasília, DF: CGEE, 2017, 124p. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/polinizadores-web.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

CITRUSBR - Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos, 2017. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Monitoramento agrícola – cana-de-açúcar.** Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar - safra 2016/17, Brasília, v. 3 n. 3, p. 1-74, 2016.

FAIRBROTHER, A.; PURDY, J.; ANDERSON, T.; FELL, R. Risks of Neonicotinoid Insecticides to Honeybees. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 4, 2014.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, n.80, p. 44-46, 2005. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/polinizacao3.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. **Polinizadores e pesticidas: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiros**. Brasília: MMA, 2012. 112p.

GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, p. 810-821, 2009.

GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Sci. Anim. Sci. Maringá**, v. 28, n. 4, p. 483-488, 2006.

GIANNINI, T.C.; CORDEIRO, G.D.; FREITAS, B.M.; SARAIVA, A.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 1-9, 2015.

GONÇALVES, L.S. O desaparecimento das abelhas, suas causas, consequências e o risco dos neonicotinoides para o agronegócio apícola. **Mensagem Doce**, v. 117, p. 2-12, 2012.

GOODMAN, L. **Snowball sampling**. In: *Annals of Mathematical Statistics*, 32:148-170, 1961. Disponível em: <<https://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177705148>>. Acesso em: 19 set. 2017.

HOEFFEL, J. L.; FADINI, A. A. B. Percepção ambiental. In: Ferraro Jr., L. A. (Org). **Encontros e caminhos: formação de educadoras ambientais e coletivos educadores**. Vol. 2. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 255-262, 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/encontros_2.pdf>. Acesso em: 21 set. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 43, p. 1-49. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

INCA - Instituto Nacional do Câncer. **Brasil lidera o ranking de consumo de agrotóxicos**. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/comunicacaoinformacao/site/home/namidi_a/brasil_lidera_ranking_consumo_agrotoxicos>. Acesso em: 17 jul. 2017.

IPBES - Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. **Summary for policymakers of the assessment report on pollinators, pollination and food production**. Bonn, Germany: Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016. 36p.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Honey bee attractants and pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, var. Pera-rio. **Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases**, v. 10, n. 2, p. 144-153, 2004.

MARCOMIN, F. E.; SATO, M. Percepção, paisagem e educação ambiental: uma investigação na região litorânea de laguna-SC, Brasil. **Educ. rev.**, v. 32, n. 2, p. 159-186, 2016.

MARQUES, M. F.; MENEZES, G. B.; DEPRÁ, M. S.; DELAQUA, G. C. G.; HAUTEQUESTT, A. P.; MORAES, M. C. M. **Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015. 36p.

MELO, H. P.; SABBATO, A. D. Censo da reforma agrária de 1996 e 1997 em uma perspectiva de gênero. In: LOPES, A. L.; BUTTO, A. (Orgs.) **Mulheres na reforma agrária**. A experiência recente no Brasil. Brasília: MDA, p. 39-80, 2008.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 3a ed. UNIJUI, Ijuí, 2016. 224p.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

NEVES, E. L. **Polinização de espécies nativas da caatinga e o papel da abelha exótica *Apis mellifera***. 155f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, 2008.

PACÍFICO-DA-SILVA, I.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO M. M.; SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**, v. 46, n. 6, p. 703–715, 2015.

PASIN, L. E. V.; TERESO, M. J. A. Análise da infra-estrutura existente em unidades de produção agrícola para processamento de mel na região do Vale do Paraíba-SP. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 510-516, 2008.

SCHIRMER, L.R. **Abelhas ecológicas**. Nobel, São Paulo, 1985. 218p.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Abelhas *Apis mellifera*: instalação do apiário**. 2. ed. Brasília: SENAR, 2010. 80p.

VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, v. 22, n. 44, p. 203-220, 2014.

WIESE, H. **Nova apicultura**. 6.ed. Porto Alegre: Agropecuária, 1985. 491p.

CAPÍTULO 2

Agrotóxicos de *Citrus* e a apicultura: levantamento de princípios ativos, toxicidade sobre *Apis mellifera* e contaminação de mel

RESUMO

As abelhas são essenciais para a manutenção do equilíbrio ambiental e têm ganhado destaque na produção agrícola por serem responsáveis pela polinização de 70% das culturas de interesse comercial. Dentre as culturas agrícolas beneficiadas pela polinização, e de interesse à apicultura, está a laranja, cultivada no Brasil principalmente em grandes áreas de monocultura em regiões que formam o Cinturão Citrícola, envolvendo o interior do estado de São Paulo. Os agrotóxicos utilizados para controle de pragas são potencialmente tóxicos às abelhas e têm sido apontados pelos apicultores da microrregião de Araraquara como principal causa de mortalidade em massa de *Apis mellifera* em apiários localizados próximos às plantações de laranja e cana-de-açúcar. Neste cenário, o presente artigo teve como objetivo realizar um levantamento de princípios ativos por meio de amostras de produtos comerciais doadas pelas agroindústrias citrícolas, além de discutir seus principais efeitos sobre *Apis mellifera* e detectar, através de análises cromatográficas, possíveis contaminações de méis produzidos nessa mesma região. Foram obtidos oito produtos agrotóxicos, sendo seis deles inseticidas pertencentes ao grupo químico dos neonicotinoides, organofosforados e antranilamida, e dois herbicidas. Os neonicotinoides e os organofosforados foram caracterizados como os mais potencialmente tóxicos às abelhas por terem sua ação no sistema nervoso central dos insetos. A maioria dos efeitos subletais são capazes de enfraquecer a colônia seja por tornar os indivíduos mais susceptíveis às doenças ou por causar alterações morfológicas, fisiológicas e comportamentais. As análises cromatográficas dos méis não foram capazes de detectar resíduos dos agrotóxicos obtidos.

Palavras-chave: abelhas; neonicotinoides; organofosforados; efeitos subletais.

Citrus agrochemicals and beekeeping: raising of active principles, toxicity on *Apis mellifera* and contamination of honey

ABSTRACT

Bees are important for the maintenance of environmental and higher balance have been related to the production of 70% of crops of commercial interest. Among the agricultural crops benefited by pollination, and of interest to beekeeping, is an orange, grown in Brazil mainly in large areas of monoculture in regions that form the Citrus Belt, operating in the interior of the state of São Paulo. The pesticides used for pest control are potentially toxic to bees and have been pointed out by beekeepers in the Araraquara microregion as the main cause of mortality in apiculture in richer apicots in orange and sugarcane plants. This scenario, the present article had as objective to carry out a survey of data through a sample of commercial products donated by the citrus agroindustries, besides containing their claims on the *Apis mellifera* and to detect, the existence of chromatographic investigations, requests contamination of lies same region. They were those who try to ingest chemicals, organophosphates and anthranilamide, and two herbicides. Neonicotinoids and organophosphates have been characterized as the most potent toxins for bees because their action on the central nervous system of insects. Most sublethals are able to weaken the colony from placing individuals more susceptible to diseases or morphological, physiological and behavioral changes. Chromatographic assays were not able to monitor the use of pesticides.

Keywords: bees; neonicotinoids; organophosphates; sublethal effects.

1. INTRODUÇÃO

A temática sobre o risco toxicológico para saúde humana e ambiental em consequência da utilização de agrotóxicos tem envolvido intensas pesquisas, discussões de órgãos governamentais, privados e instituições acadêmicas, críticas e manifestos pela conscientização nas vertentes que envolvem os prejuízos da utilização desses produtos.

Dentre os produtos agrotóxicos, o uso de inseticidas em culturas agrícolas acaba por desencadear desequilíbrios nas comunidades benéficas à reprodução vegetal e ao equilíbrio ambiental, contaminando solo, água, flora e fauna (MARGNI et al., 2002; GODFRAY et al., 2014; GREENPEACE, 2017). Uma das pautas relacionadas à problemática dos impactos ambientais pelo uso de agrotóxicos é a redução da população de abelhas, agentes polinizadores de mais de 70% das espécies vegetais de interesse agrícola. Nesse cenário comercial, a produção agrícola brasileira é praticada em extensas áreas de monoculturas, que agravam fatores como a disponibilidade de alimento para as abelhas e redução de estações de refúgio e nidificação (MARGNI et al., 2002), e também se pauta no uso intensivo de agrotóxicos, fatores que alimentam um ciclo de aplicações cada vez mais intenso ocasionado pela resistência das pragas aos produtos químicos (FAO, 2004; GREENPEACE, 2017).

O contato entre abelhas e agrotóxicos pode ocorrer tanto pela exposição com as partículas em suspensão no ar e nas partes vegetais, quanto pela ingestão de néctar e coleta de pólen (KLEIN et al., 2007; PACÍFICO-DA-SILVA, 2015; CHAM et al., 2017; HEARD et al., 2017). Os impactos sobre as abelhas podem se dar em nível individual, agindo principalmente sobre as campeiras no momento da coleta ou do contato com uma matriz relevante para a abelha, e/ou na colônia (BARGANSKA et al., 2016; CHAM et al., 2017).

O efeito dessa contaminação pode ser financeiramente calculado considerando os serviços de polinização em culturas de interesse agrícola (GIANNINI et al., 2015) e a produção de produtos apícolas no campo, mas é quantitativamente imensurável os prejuízos no nível ecossistêmico em todo mundo (KLEIN et al., 2007; IPBES, 2016; RORTAIS et al., 2017).

Dentre as culturas agrícolas beneficiadas pela polinização e de interesse à apicultura está a laranja. As lavouras de laranja, em período de florada, atraem um grande número de apicultores nas proximidades do cultivo por se constituir um pasto apícola com capacidade para elevada produção de mel, sendo este de tonalidade clara e de maior aceitabilidade pelo mercado consumidor (MALERBO-SOUZA et al., 2003). Porém, extensas áreas desse plantio aumentam a utilização e a variedade de agrotóxicos

que podem ser potencialmente tóxicos às abelhas, segundo relatos de apicultores do interior de São Paulo (CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017). Os princípios ativos devem, por legislação, ser de uso autorizado e constar na lista de Produção Integrada de Citros (Lista PIC), elaborada e revisada anualmente pelos órgãos MAPA, ANVISA e Andef.

Pesquisas científicas que visam à caracterização dos princípios ativos que compõem os agrotóxicos fornecem informações sobre a toxicidade e efeitos desses compostos em diferentes níveis ambientais. A partir dessas informações é possível compreender as causas e consequências da aplicação de agrotóxicos em cultivos agrícolas, e determinar os possíveis riscos e contaminações a saúde humana e ambiental, mas em especial à mortalidade de polinizadores. Segundo Jardim e Andrade (2009) a toxicidade da maioria dos agrotóxicos se deve ao fato de serem compostos orgânicos com característica de hidrofobicidade, o que confere-lhes a capacidade de bioacumulação ou bioconcentração em organismos vivos.

As abelhas são consideradas potenciais bioindicadores para avaliação e monitoramento das condições ambientais, principalmente quando há direcionamento frente fatores observados em uma determinada região (OLIVEIRA et al., 2014). Amostras de abelhas podem ser analisadas em laboratório para fins científicos, criminais e de fiscalização, visando à detecção de resíduos de substâncias químicas, em especial os agrotóxicos (ANVISA, 2016). Porém, a abelha como matriz de análise requer alguns desafios, a começar pelas especificações de coleta de abelhas mortas e/ou moribundas em apiários. As exigências para análise das amostras requerem, muitas vezes, acordos com apicultores, limitação de tempo entre coleta e análise assim que identificada a morte em quantidade, condições de armazenamento após coleta. Segundo o “Manual veterinário de colheita e envio de amostras” de 2010, da Organização Pan-Americana da Saúde, a colheita de abelhas em apiários para fins de detecção de agrotóxicos deve ocorrer em até um dia da mortalidade, congeladas imediatamente a -20°C em frasco plástico e analisadas em laboratório até 24 horas depois da colheita (TEIXEIRA; MESSAGE, 2010). Além disso, a análise requer reagentes e materiais de alto custo que podem limitar experimentos analíticos pela comunidade acadêmica. Uma possível alternativa é a análise de mel, já que a obtenção das amostras pode ser mais acessível e a análise permite a utilização de metodologias financeiramente mais viáveis.

Vários são os artigos científicos que quantificam a contaminação por agrotóxicos em méis de *Apis mellifera*. Os pesquisadores podem utilizar diferentes métodos analíticos para preparação e extração das amostras e equipamentos

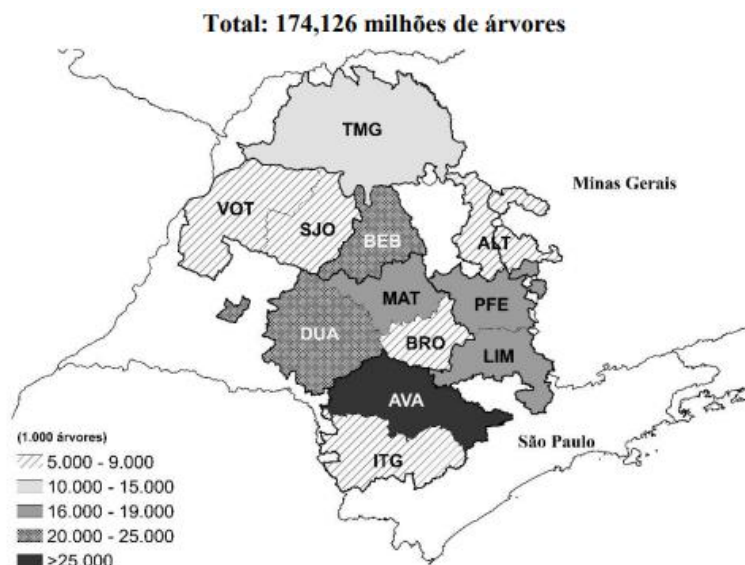
cromatográficos de altíssima sensibilidade acoplados a detectores, como por exemplo, os aparelhos de cromatografias líquida de alta eficiência (HPLC) e cromatografia gasosa (GC), com diferentes detectores capazes de acusar quantidades mínimas de resíduos na ordem de “partes por milhão (ppm) e/ou “partes por bilhão” (ppb) (RISSATO et al., 2007; PITELLA, 2009; BARGANSKA et al., 2013; LÓPEZ et al. 2014; BONERBA et al., 2014; JOVANOVIĆ et al., 2015; BARGANSKA et al., 2016). Do mesmo modo, pode-se encontrar uma expressiva quantidade de trabalhos científicos que discorrem sobre os efeitos dos agrotóxicos nas abelhas, em especial aqueles pertencentes as classes dos neonicotinóides e organofosforados (MEDRZYCKY et al., 2003; IWASA et al., 2004; FREITAS; PINHEIRO, 2010; FAIRBROTHER et al., 2014; BRANDT et al., 2016; HEARD et al., 2017; RORTAIS et al., 2017).

Neste contexto, o presente artigo objetiva a realização de um levantamento dos principais agrotóxicos/princípios ativos aplicados atualmente em pomares de laranja por agroindústrias citrícolas do interior do estado de São Paulo, microrregião de Araraquara. A partir dos resultados dessa investigação, têm-se os seguintes objetivos específicos: a) ampliar a compreensão, através da literatura científica, dos efeitos subletais de cada princípio ativo obtido sobre as abelhas *Apis mellifera*; b) buscar a detecção de resíduos desses produtos agrotóxicos em méis de laranjeira produzidos na microrregião de Araraquara.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delimitação da região de estudo

A microrregião de Araraquara foi selecionada a partir de uma problemática constatada em pesquisa científica com apicultores em relação à morte de abelhas *Apis mellifera* em apiários. A contextualização se pauta na associação entre mortalidade de abelhas e o uso de agrotóxicos, principalmente via pulverização aérea, em monoculturas de laranja e cana-de-açúcar (CERQUEIRA, FIGUEIREDO, 2017). O interior do estado de São Paulo é um dos principais produtores de laranja do Brasil, atraindo apicultores para a produção de mel de laranjeira. Além disso, abriga as principais indústrias processadoras de suco de laranja do mundo nas cidades de Matão e Araraquara (CITRUSBRA, 2017; FUNDECITRUS, 2017). As regiões paulistas produtoras de laranja, juntamente com o Triângulo Mineiro, formam a delimitação denominada “Cinturão Citrícola”, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1- Pomares produtivos de laranja nas regiões do Cinturão Citrícola.

Fonte: Fundecitrus, 2015.

Neste contexto, o interior do estado de São Paulo tem significativa importância na produção de mel no período de floração dos pomares de laranja. Em contrapartida, a região produtora, segundo relatos de apicultores, é responsável pela mortalidade de abelhas *Apis mellifera* em decorrência do uso e forma de aplicação de agrotóxicos (CERQUEIRA, FIGUEIREDO, 2017), afetando também a integridade dos produtos apícolas como o mel bem como o equilíbrio ambiental pelos efeitos tóxicos aos polinizadores.

2.2 Obtenção das amostras de agrotóxicos

As amostras de agrotóxicos foram obtidas através de doações de empresas agrícolas produtoras de laranja que se prontificaram a colaborar com a presente pesquisa. O contato foi realizado em 2016 e contou com a entrega de um Termo de Responsabilidade (ANEXO III) à empresa com as seguintes informações: justificativa da utilização dos produtos químicos para fins de pesquisa científica; dados dos responsáveis pela pesquisa; responsabilidade perante a manipulação e descarte dos agrotóxicos.

Com o objetivo de preservar os agrotóxicos, o laboratório de pesquisa e seus frequentadores, os produtos foram armazenados em vidros âmbar, utilizando-se para vedação batoque, tampa de rosca e parafilme. Todas as amostras foram mantidas em uma sala de almoxarifado apropriada para estocar produtos químicos tóxicos e inflamáveis.

A colaboração dessas empresas possibilitou conhecer os principais agrotóxicos mais frequentemente utilizados nas monoculturas de laranja da região de estudo. Essa informação foi fundamental para a identificação dos compostos presentes no mel a partir das análises cromatográficas, e para a abordagem sobre os efeitos dos princípios ativos na dimensão real de utilização.

2.3 Revisão bibliográfica

Esta etapa metodológica consiste na realização de uma breve revisão bibliográfica a respeito dos efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas *Apis mellifera*. A referida pesquisa é um tópico importante para a contextualização, discussão e fechamento do objetivo proposto, uma vez que a apicultura e o meio ambiente são diretamente afetados pelo uso excessivo de produtos químicos, podendo resultar na contaminação dos produtos apícolas consumidos pelo ser humano. Além disso, tal abordagem é relevante para compreensão das dificuldades enfrentadas pelos apicultores em relação ao uso de agrotóxicos. Para embasar esta etapa metodológica foram selecionados artigos científicos disponíveis nas bases de dados Google Acadêmico e *Web of Science* que elucidam, por meio de experimentos práticos e/ou revisões, o assunto em questão. Os principais termos utilizados nas buscas foram “*pesticides residues in honey*”, “*toxicity pesticides in honeybee*”, “*neonicotinoid insecticides and honeybee Apis mellifera*”, “*organophosphorus insecticides and honeybee Apis mellifera*” e “*effects of pesticides in bee*”. Foram consultados também dados atualizados disponíveis pelos órgãos reguladores Ministério do Meio Ambiente, ANVISA e IBAMA.

2.4 Obtenção das amostras de mel

Foram obtidas e avaliadas 10 amostras de méis de abelhas *Apis mellifera*. As amostras de mel tiveram como critério de seleção ser predominantemente da floração de laranjeira do ano de 2016 e o número foi determinado pela disponibilidade dos produtos para aquisição. Foram adquiridas diretamente de apicultores e em supermercados do interior do estado de São Paulo, sendo provenientes dos municípios de Matão, Araraquara, São Carlos, Bebedouro, Paraíso, Cotia e Iacanga, de acordo com os apicultores e/ou informações presentes na embalagem. A compra direta visou a garantia das características de um alimento disponível à compra e ao consumo pela população. A florada predominante utilizada como critério de seleção tem como

característica a obtenção de méis claros, e a coloração das amostras variou entre amarelo claro (mais característico do mel da florada de laranjeira) e marrom intermediário (mais característico da florada silvestre). Todos os méis foram identificados com um código, mantidos em embalagem original e armazenados a temperatura ambiente, protegidas da luz e separadas de reagentes e demais substâncias químicas.

2.5 Análise laboratorial

As 10 amostras de méis foram preparadas e analisadas nos meses de agosto a novembro de 2017. Para a etapa de extração foi utilizada a metodologia “*Quechers citrato*”, modificada conforme os recursos disponíveis ao laboratório. Tal metodologia de preparação de amostras permite uma análise multirresíduos para detecção simultânea de diferentes compostos ou ingredientes ativos na formulação dos agrotóxicos, e é reconhecida internacionalmente no que tange o monitoramento de resíduos em alimentos (ANVISA, 2016).

A análise das amostras foi realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) e por ultra-cromatografia líquida de alta eficiência com detecção em diodos (UHPLC-DAD). A técnica de cromatografia é um método físico-químico para separação de componentes de uma matriz de interesse por meio de colunas cromatográficas (fase estacionária) onde percorre uma fase móvel (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006). A interação entre essas fases é capaz de separar os componentes da amostra injetada após esta ser preparada conforme metodologia mais adequada para aquela determinada matriz. A cromatografia gasosa utiliza-se de gás em sua fase móvel para separação dos componentes, enquanto na líquida utiliza-se uma fase líquida e pressão elevada (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006; SKOOG et al., 2015). O principal critério utilizado para seleção dos equipamentos consistiu nas características químicas dos agrotóxicos analisados: polaridade, volatilidade e sensibilidade a temperatura. Os agrotóxicos Malationa, Clorpirifós, Dimetoato e Carfentrazona-Etílica foram analisados em GC-MS enquanto os pertencentes ao grupo dos neonicotinóides (Imidacloprido e Tiametoxam) foram analisados em UHPLC-DAD.

Não cabe ao presente artigo a discussão sobre a metodologia de extração e validação do método utilizado, devendo essas informações serem descritas em um trabalho futuro. As análises foram realizadas em parceria com o Laboratório de Química Analítica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Matão,

sendo este responsável por ceder todos os materiais, reagentes de equipamentos tecnológicos necessários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e as discussões são aqui organizados conforme a relação e interação entre as etapas metodológicas descritas, de forma que os assuntos referentes a utilização e resíduos de agrotóxicos, apicultura, polinização e citricultura sejam abordados considerando o contexto das delimitações do estudo. Para tanto, optou-se pela estruturação em tópicos, possibilitando uma melhor compressão da inter-relação dos assuntos a partir da abordagem dos agrotóxicos obtidos, já que estes representam uma amostra do atual cenário atual citrícola, indo ao encontro do objetivo do presente artigo.

3.1 Avaliação ambiental de agrotóxicos para abelhas

A avaliação ambiental de agrotóxicos, tendo como base a Lei nº 7.802 de 1989, é o processo pelo qual os produtos agrotóxicos são avaliados por órgãos competentes, designado pelo Ministério do Meio Ambiente, em relação à perspectiva ambiental. Antes da publicação dessa lei, os produtos eram liberados para uso nos campos brasileiros sem nenhuma preocupação e estudos em relação aos impactos ambientais em potencial (CHAM et al., 2017).

Dentre os órgãos envolvidos, cabe ao IBAMA a avaliação desses produtos no cerne do processo de registro, bem como a emissão de relatórios, cumprimento de protocolos técnico-científicos para a elaboração de ensaios e afins (IBAMA, 2017). Assim, o processo de avaliação e registro concedem o direito de produção, exportação, importação, comercialização e utilização de um produto. O registro é de responsabilidade do Ministério da Agricultura que designa a ANVISA e ao IBAMA os processos de avaliação toxicológica na saúde humana e ambiental respectivamente.

Os principais relatórios são divididos em vertentes para Avaliação do Potencial de Periculosidade Ambiental (PPA) e a Avaliação de Risco Ambiental (ARA). Segundo relatórios do IBAMA, tanto a PPA quanto a ARA “se baseiam na toxicidade inerente do produto e no comportamento obtido nos testes laboratoriais” (IBAMA, 2017, p. 5), com este diferindo daquele por inserir nos estudos a exposição de

organismos não-alvo ao produto, bem como as condições intrínsecas e extrínsecas da aplicação dessas substâncias no local pretendido.

O PPA de cada produto gera um dossiê ecotoxicológico baseado nas características de transporte, persistência, bioconcentração e ecotoxicidade a diversos organismos, estipulando a classe de periculosidade ambiental. A análise para resultados de PPA é realizada através de relatórios fornecidos pelas empresas fabricantes ao IBAMA, que atribui pesos a cada parâmetro do estudo, considerando os perigos inerentes, como em casos de acidentes (CHAM et al., 2017).

A ARA diz respeito a uma tentativa de sistematização para um processo de avaliação mais amplo no que tange o uso contínuo e as características de aplicação no contexto real de campo e não apenas laboratorial. Está em desenvolvimento desde 2011 e, em 2017, foi fortalecida pela publicação da primeira normativa baseada em uma abordagem de risco sob a perspectiva de segurança ambiental (Instrução Normativa nº 02, de fevereiro de 2017). O IBAMA especifica que o processo de avaliação de risco em relação à exposição de organismos a um ou mais produtos agrotóxicos considera a “probabilidade de um efeito ecológico adverso ocorrer ou estar ocorrendo” (p. 17, 2017).

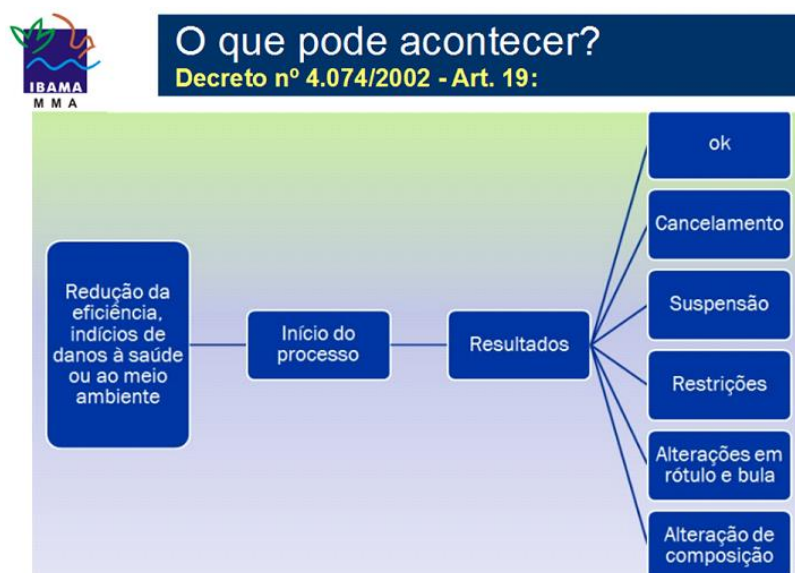
Os protocolos e metodologias são divididos em fases que contemplam: Coleta de informações, Formulação do problema, Análise de risco, Caracterização do risco, e têm como base guias internacionais como EPPO 170, EFSA *Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees* (2013) e USEPA *Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees* (2014), RDC ANVISA n. 4/2012, OECD *Guidance Document on Pesticide Residue Analytical Methods 2007*, SANCO/825/00 *Guidance document on pesticide residue analytical methods* (REBELO; CALDAS, 2014; IBAMA, 2017). Seguindo tais protocolos e garantindo competência das análises, cada produto agrotóxico em processo de registro deve passar por estudos físico-químicos incluindo estudos de toxicidade para organismos não-alvo, comportamento em solos e biodegradabilidade imediata (REBELO; CALDAS, 2014).

Os efeitos de exposição e toxicidade para análise de risco são estipulados por testes ecotoxicológicos e determinados por Concentrações Letais 50 (CL₅₀) ou Doses Letais (DL₅₀) quando há 50% de mortalidade dos organismos testados. A exposição considera a quantidade de produto e a via de contato com o organismo, podendo os parâmetros variar dependendo das especificidades e características do agrotóxico em análise considerando o panorama mais real possível. Assim, estudos de avaliação de risco ambiental são realizados mediante necessidade de geração de

informações pertinentes ao uso de um determinado produto no campo, segundo Portaria Normativa nº 84 de 1996 do IBAMA.

Quando os produtos já avaliados, registrados e em uso no mercado, são denunciados como danosos ao meio ambiente através de pesquisas, estudos ou constatações reais, inicia-se a abertura e o desenvolvimento do processo de reavaliação ambiental. Trata-se de uma obrigação ambiental, pautada em elementos legislativos, administrativos e científicos, do Ministério do Meio Ambiente assegurada pelo Art. 2º, inciso VI, do Decreto nº 4.074/2002 que também considera o aconselhamento de descontinuidade de uso de um determinado agrotóxico por organizações internacionais (IBAMA, 2016). A reavaliação ambiental pode então resultar nas ações ilustradas na Figura 2.

Figura 2 - Etapas gerais da reavaliação ambiental de agrotóxicos.



Fonte: IBAMA, 2016.

O processo de reavaliação pode ser necessário devido as particularidades desses produtos em condições reais de aplicação no campo como “fatores abióticos, variações no comportamento do pesticida estudado, efeitos de diferentes formulações”, não significativas no decorrer dos testes laboratoriais (DEVILLERS, 2002, p.60).

As mesmas condições adversas aplicam-se para os testes de toxicidade a abelhas já que estas são essenciais para polinização de muitas espécies vegetais, inclusive as amplamente cultivadas. Soma-se esse fato ainda a característica de serem mais sensíveis aos efeitos dos agrotóxicos em comparação aos outros insetos, fato relacionado a deficiência no número de genes que codificam enzimas de desintoxicação (ATKINS; KELLUM, 1986; FREITAS; PINHEIRO, 2010).

Apesar de todos os polinizadores serem essenciais para os serviços ecossistêmicos, a abelha *Apis mellifera* é utilizada mundialmente como inseto modelo para organismos-não alvo dos produtos agrotóxicos por possuir, entre outros fatores, biologia bem conhecida e facilidade de manejo em laboratório. Discute-se atualmente a se a *Apis mellifera* é o melhor modelo para a consideração dos resultados de testes de toxicidade no que tange a agricultura em solo brasileiro, uma vez que há incertezas sobre a generalização dos efeitos às abelhas nativas do Brasil. Enquanto novas pesquisas científicas sobre a comparação de sensibilidade entre abelhas nativas e *Apis mellifera* a agrotóxicos não são concretizados, os estudos de avaliação e reavaliação continuarão a considerar a *Apis mellifera* como modelo (IBAMA, 2017; CHAM et al., 2017).

3.2 Agrotóxicos obtidos

Os agrotóxicos doados pelas empresas agrícolas são produtos comerciais e estão aqui organizados na Tabela 2 de acordo com o princípio ativo, grupo químico e classe (inseticidas e herbicidas).

Tabela 2- Relação dos agrotóxicos abordados no presente estudo.

Agrotóxico/princípio ativo	Grupo químico	Classe
Clorpirifós	Organofosforado	Inseticida
Dimetoato	Organofosforado	Inseticida
Malationa	Organofosforado	Inseticida
Imidacloprido	Neonicotinóide	Inseticida
Tiametoxam	Neonicotinóide	Inseticida
(Clorantraniliprole+Tiametoxam)	Antranilamida+Neonicotinóide	Inseticida
Carfentrazone-Etílica	Triazolona	Herbicida
Glifosato	Glicina Substituída	Herbicida

Fonte: autora.

Considerando a “Lista de ingredientes ativos com uso autorizado e banidos no Brasil” da ANVISA, divulgada em janeiro de 2017 para fins de permissão de uso, todos os princípios ativos das amostras obtidas são autorizados no país e para a cultura de citros.

Segundo uma pesquisa de epidemiologia ecológica realizada por Pignati et al. (2017), durante o ano de 2015 as áreas referentes à plantação de citros (laranja, limão e mandarin) receberam 23 litros/ha plantado de agrotóxico, sendo a terceira cultura permanente que mais consumiu agrotóxico no Brasil. Logo, o total em litros de

agrotóxicos consumido em citros foi de 17.629.868L nos 766,516 hectares plantados. No panorama da utilização de princípios ativos, os inseticidas Clorpirifós e Imidacloprido estão entre os 20 mais frequentemente utilizados entre os anos de 2012 e 2016 nas culturas agrícolas analisadas no estudo (PIGNATI et al., 2017). Pode-se afirmar, portanto, que a produção, venda e uso desses produtos no Brasil seguem resguardados pelo aparato legislativo, generosa quando se observa dados quantitativos (BOMBARDI, 2017) divulgados por exemplo em relatórios oficiais do IBAMA ou por meio de levantamentos e pesquisas científicas.

A Figura 3 traz a quantificação em toneladas de ingrediente ativo de agrotóxicos comercializados no Brasil de 2009 a 2014 por classe de periculosidade ambiental. Pode-se observar uma maior tendência de crescimento de comercialização das classes II e III, indicando o consumo crescente de produtos que oferecem níveis de periculosidade ambiental preocupantes, tendo em vista que os pouco perigosos (classe IV) oscilaram em quantidades muito baixas, apresentando queda nos anos 2012 e 2013, enquanto os de classe I (altamente perigosos ao meio ambiente) aumentou nesse mesmo período.

Figura 3 - Relação entre quantidade e periculosidade ambiental de agrotóxicos comercializados no Brasil.



Fonte: IBAMA; MMA, 2016.

Dados divulgados pelo IBAMA em 2017 confirmam o consumo das classes II e III, onde esses representaram 34,69% e 55,34%, respectivamente, das vendas no estado de São Paulo no ano de 2016.

A disponibilização de relatórios públicos pelo IBAMA e MMA é importante para a credibilidade da administração pública e garantem o direito da população ao acesso às informações de relevância à saúde pública e ambiental. A obtenção dos dados é regularizada pelo Art. 41, do Decreto nº 4.074 de 2002, porém é

realizada por meio de relatórios auto-declaratórios das empresas responsáveis pelos registros de agrotóxicos. Tal fato pode levantar incertezas sobre o número e o tipo de produtos agrotóxicos consumidos no país quando considerada a possibilidade de subestimação do volume declarado e do real impacto desse produto no meio ambiente. Além disso, a contabilização desses dados é feita apenas para os produtos regulamentados, não considerando os de uso não autorizados no Brasil.

No ranking dos 10 princípios ativos mais vendidos no Brasil no ano de 2016 (Tabela 3), o herbicida Glifosato e seus sais lideram a lista com um total de 185602,2 toneladas de produtos vendidos, segundo dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, obrigatoriedade regida pelo decreto acima mencionado. No mesmo ano, o inseticida Imidacloprido foi classificado como o décimo produto agrotóxico mais vendido (9165,9 toneladas).

Tabela 3- princípios ativos mais vendidos no Brasil no ano de 2016

<i>OS 10 ingredientes ativos mais vendidos - 2016</i>		
<i>Unidade de medida: toneladas de IA</i>		
<i>Ingrediente Ativo</i>	<i>Vendas (ton. IA)</i>	<i>Ranking</i>
Glifosato e seus sais	185.602,22	1°
2,4-D	53.374,41	2°
Mancozebe	33.232,94	3°
Atrazina	28.615,70	4°
Óleo mineral	27.801,09	5°
Acefato	24.858,68	6°
Óleo vegetal	17.259,26	7°
Carbendazim	13.364,67	8°
Dicloreto de paraquate	11.638,19	9°
Imidacloprido	9.165,97	10°

Fonte: IBAMA / Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto n° 4.074/2002

Bombardi (2017) quantifica e expõe a realidade do uso de agrotóxicos no Brasil ressaltando, dentre outros dados, os princípios ativos proibidos na União Europeia, mas permitidos e amplamente utilizados nos campos brasileiros. Segundo a autora, o Brasil autoriza a utilização de 116 agrotóxicos em cultivos de citros, dentre esses, 33 são de uso proibido na União Europeia. Aplicando-se à realidade da região de estudo, estima-se que a média anual de agrotóxicos utilizados no estado de São Paulo seja de 110774 toneladas entre os anos de 2012 e 2014, conferindo uma relação Kg/ha de 12,23 a 16,69 (BOMBARDI, 2017).

Os agrotóxicos obtidos nesta pesquisa são de uso permitido também na União Europeia conforme levantamento realizado por Bombardi (2017). Uma possível

explicação para adoção desses produtos nas lavouras de citros no Brasil é o grande número de exportações de suco de laranja além da fruta *in natura* (NEVES, 2010). Neste cenário, pode-se inferir que os países importadores exercem influência sobre os princípios ativos aplicados no campo, já que os produtos importados podem conter resíduos de agrotóxicos, principalmente no que se refere a produtos alimentícios.

Um documento divulgado pela EMBRAPA sobre o impacto que uma possível retirada dos neonicotinoides teria sobre a agricultura brasileira, elaborados por Rangel et al. (2014), deixa clara essa flexibilidade proporcionada principalmente pela bancada ruralista do Brasil e os órgãos MAPA e IBAMA. Os autores afirmam que, no setor de citricultura, a mortalidade e os efeitos dos neonicotinoides sobre abelhas são apenas “circunstanciais e não comprovadas cientificamente” (RANGEL et al., 2014, p. 52), apesar de reconhecer que efeitos subletais podem existir sobre os polinizadores.

Ao não reconhecer as provas científicas dos efeitos dos neonicotinoides sobre as abelhas como suficientes, os autores mostram um possível desconhecimento acerca das diversas pesquisas nacionais e internacionais sobre toxicidade, principalmente, dos princípios ativos Imidacloprido e Tiametoxam sobre abelhas, disponíveis em bases de dados, revistas, jornais e afins do mais alto nível e rigor científico, alguns citados neste artigo. Consoante a esta consideração, estando o processo de Reavaliação Ambiental dos inseticidas Imidacloprido e Tiametoxam, iniciados desde 2012 e 2014 respectivamente, o levantamento de dados científicos e a solicitação de estudos adicionais em condições brasileiras às empresas registrantes é uma etapa obrigatória (IBAMA, 2016) e os resultados devem ser divulgados após a finalização do processo.

O documento de Rangel et al. (2014) traz ainda as recomendações do MAPA para defender a legitimidade da utilização de um produto caso um princípio ativo seja incluso em processo de reavaliação. Uma delas aconselha que produtores e apicultores/meliponicultores mantenham uma relação no sentido de orientação daqueles com estes para o manejo de colmeias em áreas próximas às plantações. Prática não condizente com a realidade da região de estudo, já que 88,5% dos apicultores que participaram de entrevistas sobre percepção ambiental relataram perdas significativas de apiários e/ou colmeias inteiros, ocasionada pelo uso de agrotóxicos em monoculturas de laranja, evidenciando a falha ou inexistência de comunicação entre agrônomos responsáveis e apicultores na região (CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017).

Com o propósito de estimar a mortalidade ou expressiva perda de abelhas em apiários e meliponários do Brasil, um dos maiores pesquisadores brasileiros sobre

polinização e abelhas, Dr. Lionel S. Gonçalves, desenvolveu junto com demais colaboradores o aplicativo “*Bee Alert*”. Trata-se de um sistema que utiliza-se de geolocalização para registrar as regiões de ocorrência dos problemas. Segundo esse pesquisador, 55% dos casos ocorreram até o momento no estado de São Paulo (GONÇALVES, 2018). Isso porque a utilização de agrotóxicos é maior em áreas de intensa atividade agrícola. Na totalidade dos dados para o Brasil, foram registrados de 2014 a 2017 mais de 300 casos, 23.000 colmeias perdidas, resultando em mais de 1 bilhão de abelhas mortas segundo dados do “*Bee Alert*”. Porém, deve-se considerar que os registros são feitos por iniciativa dos profissionais que têm acesso a informação e a tecnologia para a efetivação da ocorrência. Portanto, o número de abelhas mortas nesse período pela exposição a agrotóxicos é seguramente superior (GONÇALVES, 2018).

Mesmo que a mortalidade não seja observada em primeira instância após pulverização de agrotóxicos em culturas agrícolas, faz-se essencial ressaltar que doses sub-letais, com exposição contínua ou não, podem causar prejuízos ao sistema imunológico das abelhas, tornando-as potencialmente susceptíveis a infecções (UNEP, 2010). Além disso, devem ser consideradas a persistência desses produtos no ambiente, a destruição de habitats para nidificação e diminuição da disponibilidade de pasto apícola (MARGNI et al., 2002; FREITAS; PINHEIRO, 2012; UNEP, 2010), sendo importante a exposição das informações sobre toxicidade às abelhas e a classificação do Potencial de Periculosidade Ambiental dos produtos agrotóxicos. A Tabela 4 indica tais informações para os agrotóxicos estudados no presente artigo.

Tabela 4 – Informações sobre toxicidade a abelhas e Classificação de Potencial de Periculosidade Ambiental obtidas nas bulas dos agrotóxicos abordados no presente estudo.

Princípio Ativo	Toxicidade (abelhas)	Clas. Potencial de Periculosidade Ambiental
Clorpirifós	Altamente tóxico	II
Dimetoato	Altamente tóxico	II
Malationa	Não informado	II
Imidacloprido	Altamente tóxico	III
Tiametoxam	Altamente tóxico	III
Clorantraniliprole+Tiametoxam	Altamente tóxico	II
Carfentrazona-Etílica	Não informado	II
Glifosato	Não informado	III

Fonte: Bulas dos produtos comerciais.

Um dado importante a se considerar em relação aos inseticidas organofosforados é a alta toxicidade que apresentam sobre organismos não-alvo e ao meio ambiente. O Clorpirifós é descrito como sendo altamente tóxico para organismos aquáticos, altamente tóxico para aves e altamente bioconcentrável em peixes. O princípio ativo Dimetoato também é altamente tóxico para aves e microcrustáceos, sendo a característica de mobilidade (altamente móvel), também apresentada pelo Clorantianiliprole+Tiametoxam, um fator preocupante no que tange a qualidade de águas subterrâneas por se deslocar facilmente no solo, conforme indicado na bula dos produtos comerciais.

A bula do produto cujo princípio ativo é o Malationa apenas traz como advertência a alta toxicidade a microcrustáceos, desconsiderando risco as abelhas e demais polinizadores como organismos não-alvo. A mesma falta de informação foi verificada nas bulas dos herbicidas Carfentrazone-Etílica e Glifosato.

Apesar dos inseticidas neonicotinoides serem classificados como III em relação ao Potencial de Periculosidade Ambiental, são comprovadamente altamente tóxicos às abelhas. Os neonicotinoides foram recentemente inclusos no processo de Reavaliação Ambiental de Agrotóxicos para esclarecimento dos efeitos nocivos desses químicos às abelhas, sendo os estudos do princípio ativo Imidacloprido iniciado em 2012 e os estudos de Tiametoxam e Clotianidina iniciados em 2014 conforme divulgações realizadas pelo Diário Oficial da União (DOU) e disponíveis no site do Ministério do Meio Ambiente (<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/reavaliacao-ambiental>). Porém, até o momento da escrita deste trabalho, ambos processos não estão finalizados e os produtos continuam sendo aplicados nas lavouras brasileiras.

3.2.1 Toxicidade e efeitos sobre *Apis mellifera*

Define-se toxicidade como sendo o potencial de uma “substância ou produto de causar efeitos adversos em determinado organismo” (IBAMA, 2017, p. 18; CHAM et al., 2017). A intoxicação de um xenobiótico sobre um organismo pode se dar de forma aguda, levando-o à morte, ou crônica considerando as alterações capazes de causar ao longo do tempo (PACÍFICO-DA-SILVA et al., 2015; IBAMA, 2015).

Agrotóxicos inseticidas se destacam em pesquisas com organismos não-alvo. O modo de ação varia de acordo com os princípios ativos utilizados na formulação, mas em geral, são responsáveis por afetar o comportamento, os

movimentos, níveis de alimentação e têm influência sobre a suscetibilidade a doenças (JAMES; XU, 2012).

Os estudos sobre efeitos sub-letais de agrotóxicos sobre polinizadores, em geral, podem ser conduzidos a partir de doses reais de campo, doses pré-estabelecidas ou a partir dos indicadores de DL₅₀ e CL₅₀, além de possuir suas especificidades como o tipo de exposição, os agentes polinizadores de interesse, o tempo de exposição ao produto, condições laboratoriais, dentre outros (GODFRAY et al., 2014; IBAMA, 2015; VAN DER SLUIJS et al., 2013). Tal consideração faz com que informações muito generalizadas dificulte a compreensão dos reais efeitos (GODFRAY et al., 2014) sendo necessário, portanto, que a descrição de pesquisas científicas contemple esses aspectos, deixando claro o princípio ativo e a espécie estudada (*Apis mellifera*) além do modo de exposição.

3.2.1.1 Neonicotinoides (Tiametoxam e Imidacloprido) e Antranilamida+Neonicotinoide (Clorantraniliprole+Tiametoxam)

Agrotóxicos neonicotinoides são inseticidas sistêmicos potencialmente tóxicos a abelhas por serem capazes de se acumular em néctar, pólen e exsudatos das plantas atrativas para polinizadores (GODFRAY et al., 2014; BLACQUIÈRE et al., 2012). Por possuir moderada toxicidade aos mamíferos e versatilidade na forma de aplicação, já que podem ser utilizados tanto nas sementes como no solo e folhas, são amplamente utilizados em culturas agrícolas desde o início dos anos 1990 (IBAMA, 2015; RORTAIS et al., 2005; BLACQUIÈRE et al., 2012), sendo absorvido e distribuído por toda a planta, inclusive às extremidades de crescimento onde agem a maioria das pragas sugadoras (TOMIZAWA; CASIDA, 2005).

Os efeitos sub-letais são cientificamente explicados a partir da interação e modo de ação entre os produtos agrotóxicos/princípios ativos e as abelhas. Os inseticidas neonicotinoides, por agirem sobre o sistema nervoso central, provocam danos na propagação do impulso nervoso (FARIA, 2009; PEREIRA, 2010). O modo de ação dá-se pela decorrência da competição entre as moléculas de neonicotina e o neurotransmissor acetilcolina nos receptores de acetilcolina. A ligação neonicotina + receptor torna-se de efeito contínuo, ocasionando superestimulação do sistema nervoso central e é irreversível, já que a enzima acetilcolinesterase é incapaz de agir sobre a molécula de neonicotina (FARIA, 2009; VAN DER SLUIJS et al., 2013). A hipoatividade pode ser notada após os sintomas de hiperatividade e tremores

(SUCHAIL et al., 2003), podendo resultar em baixa capacidade de voo (GOMES, 2017).

Dentre os produtos neonicotinoides aplicados no controle de pragas em citricultura, o Tiametoxam e o Imidacloprido destacam-se em pesquisas científicas sobre toxicidade em polinizadores. Em um estudo de toxicidade em *Apis mellifera*, realizado por Carvalho et al. (2009), foram testados 8 princípios ativos indicados para citros, sendo o Tiametoxam o único neonicotinoide da relação de produtos. O experimento contou com testes de pulverização sobre *Apis mellifera*, testes por ingestão a partir de pasta Cândi fortificada e testes de contato em superfície de vidro e em folha de citros. Quando pulverizado sob as mesmas condições de campo, o Tiametoxam foi responsável pela mortalidade de 71% dos indivíduos adultos após uma hora do início do teste. O fator tempo elevou a mortalidade para 100% após 9 horas da aplicação. O mesmo ocorreu no teste de ingestão, onde as taxas de mortalidade variaram entre 46%, 89% e 99% após uma, seis e 24 horas respectivamente. Os sintomas observados antes da morte foram “tremores, falta de coordenação motora e prostração” (CARVALHO et al., 2009, p. 600). Os testes de contato também resultaram em uma alta porcentagem de mortalidade, 56%, 76% e 100%, após uma, quatro e seis horas respectivamente para superfície em vidro, e 100% após nove horas em superfície em folha de citros.

Nesta mesma linha de pesquisa, Gomes (2017) concluiu que doses de campo (0,2g/L) e doses diluídas em dez vezes (0,02g/L) de Tiametoxam, por ingestão, são letais para *Apis mellifera*, causando a mortalidade de 100% das operárias em experimento laboratorial. As mesmas doses em testes de contato foram responsáveis pela morte de 80% e 57% do estudo, respectivamente.

Contudo, conforme ressaltam Godfray et al. (2014) e Blacquièrre et al. (2012), estudos sobre toxicidade também devem contemplar estágios larvais e não apenas indivíduos adultos, uma vez que a saúde da colônia está intimamente relacionada ao desenvolvimento larval. Considerando o potencial acumulativo dos neonicotinoides em pólen e néctar, o suprimento de proteínas e açúcar/energia da colmeia fica comprometido mesmo que em menor grau às larvas quando comparadas às adultas engenheiras e enfermeiras (RORTAIS et al., 2005).

Efeitos morfológicos e imunocitoquímicos do inseticida Tiametoxam sobre larvas *Apis mellifera in vitro* foram analisados considerando três grupos testes: um grupo controle, um grupo alimentado com LC₅₀ aguda e outro grupo alimentado com LC₅₀ subcrônica. As larvas expostas ao princípio ativo apresentaram menor consumo de alimento e tamanho corporal além de alterações nos lobos ópticos e células

com cromatina altamente condensada indicando progressão de morte celular. Apesar desses resultados, a partir da LC₅₀ encontrada, os autores acreditam que *Apis mellifera* em estágio larval é mais tolerante ao Tiametoxam quando comparado a indivíduos adultos (TAVARES et al., 2015).

Além dos efeitos neurotóxicos, o princípio ativo Imidacloprido foi capaz de causar alterações morfológicas, histoquímicas e imunocitoquímicas nos túbulos de Malpighi de *Apis mellifera*, gerando a formação de núcleos picnóticos em operárias adultas obtidas de colônias saudáveis (ALMEIDA ROSSI et al., 2013). Ensaios laboratoriais conduzidos por Almeida Rossi et al. (2013) testaram a ingestão de diferentes doses de Imidacloprido em dieta, cuja DL₅₀ variou de 0,809 hg/abelha e 8,09hg/abelha em 1, 3, 5, 7 e 10 dias. As alterações foram perceptíveis em nível celular em dias variados, mas todas as abelhas expostas ao inseticida Imidacloprido apresentaram cromatina altamente condensada. As consequências resultantes dos prejuízos aos túbulos de Malpighi estão relacionadas principalmente ao acúmulo de substâncias tóxicas, danos a fisiologia, comportamento e até morte, segundo os autores da pesquisa. Resultados semelhantes foram obtidos por Catae et al. (2014) em bioensaios com dose subletal de Tiametoxam. Assim, a partir dos resultados obtidos por Almeida Rossi et al. (2013) e Catae et al. (2014), constata-se que ambos neonicotinoides, Imidacloprido e Tiametoxam, são capazes, dentre outros prejuízos, de comprometer os túbulos de Malpighi e conseqüentemente as funções fisiológicas de excreção. Além dos prejuízos à excreção, doses subletais de Imidacloprido é capaz de causar disfunções na organização na disponibilidade de alimento da colônia por afetar a estrutura da glândula hipofaríngea (HEYLEN et al., 2011).

A somatória dos efeitos de Imidacloprido sobre *Apis mellifera* potencializa a perda de colônias por tornar os indivíduos mais vulneráveis a doenças. Constatou-se que a exposição de larvas ao inseticida aumentou o parasitismo pelo ácaro *Varroa destructor* e propiciou o desenvolvimento da infecção intestinal Nosemose em abelhas recém-emergidas por esporos de *Nosema* spp. (WU et al., 2011; PETTIS et al., 2012). Colônias expostas via alimentação de solução de sacarose contaminada com esporos de *Nosema* spp., e baixas doses de Imidacloprido, apresentaram níveis mais elevados de esporos após 12 dias do que colônias controle não expostas ao princípio ativo (PETTIS et al., 2012). A interação entre *Nosema* spp. e Imidacloprido também foi interesse de estudo dos autores Alaux et al. (2010). Ao fornecer diferentes doses de Imidacloprido associadas a esporos de *Nosema* spp. verificaram que a taxa de infecção, mortalidade e consumo de sacarose foi maior nos grupos alimentados com o

neonicotinoide e esporos, em relação aos outros grupos alimentados apenas com Imidacloprido ou apenas esporos, além do grupo controle, para todas as concentrações testadas de Imidacloprido (0.7 µg/kg, 7 µg/kg e 70 µg/kg).

Outros efeitos notados a partir da exposição de Imidacloprido foi redução do número total de hemócitos e da capacidade de encapsulação e baixa atividade antimicrobiana da hemolinfa de operárias adultas recém-emergidas (BRANDT et al., 2016), constatação que pode explicar a maior vulnerabilidade à patógenos, como verificado ao parasita *Nosema* spp. pelos autores Alaux et al. (2010) e Pettis et al. (2012).

A toxicidade residual do inseticida Tiametoxan na mortalidade de *Apis mellifera* é superior ao do inseticida Imidacloprido, até mesmo para metade da dose letal estipulada na formulação dos produtos, causando 100% de mortalidade imediatamente ou 48 horas após a formação de um filme residual em superfície (RATNAKAR et al., 2017). Nas mesmas condições, a pesquisa de Ratnakar et al. (2017) constatou que, dentre os produtos agrotóxicos testados, o Clorantraniliprole causou a menor taxa de mortalidade por efeito residual em exposição após 12 e 48 horas da formação do filme em superfície, mas resultou em 98,46% de mortalidade quando *Apis mellifera* foi exposta imediatamente após a formação do filme.

Efeitos negativos sobre o sistema imunológico, com alteração em vias de transcrição, também foram atribuídos ao inseticida Clorantraniliprole, acusando possível vulnerabilidade à patógenos. Constatou-se que este princípio ativo é capaz de causar estresse gênico no cérebro das abelhas, além de inibir a expressão de vitelogenina, importante para o comportamento de forrageamento das operárias, podendo resultar em consequências sobre a expectativa de vida da colmeia (CHRISTEN; FENT, 2017).

A aplicação do princípio ativo Clorantraniliprole em citros é autorizada apenas quando em formulação com Tiametoxam ou com o acaricida Abamectina (FUNDECITRUS, 2018). Não foram encontradas pesquisas científicas sobre toxicidade à *Apis mellifera* da combinação Clorantraniliprole e Tiametoxam, porém apesar da baixa toxicidade residual de Clorantraniliprole, os efeitos letais e subletais podem ser modificados quando formularmente associado a Tiametoxan.

Considerando a predominância do princípio ativo Tiametoxam na formulação do inseticida composto por Clorantraniliprole+Tiametoxam, totalizando 20% contra 10% de Clorantraniliprole e, apesar da ausência de embasamento científico, é plausível considerar que a indústria agroquímica busca o desenvolvimento de produtos

mais eficientes no que tange o combate a pragas. Portanto, a combinação de duas substâncias, realizadas de forma intencional, pode ser um indício de que elas têm seus efeitos potencializados para as particularidades dos organismos alvo, ou têm a intenção de diminuir os efeitos nocivos a organismos não-alvo, ou ainda a busca pelo menor custo (CASTRO, 2009). Os efeitos do produto agrotóxico Clorantraniliprole+Tiametoxam sobre *Apis mellifera* podem ser semelhantes aos verificados em estudos acima descritos para esses inseticidas, mas faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que comprovem essa hipótese.

Por sua alta toxicidade às abelhas, a União Europeia determinou em abril de 2018 a proibição dos inseticidas Tiametoxam, Imidacloprido e Clotianidina para uso em áreas abertas, sendo permitidos apenas no interior de estufas sem a presença de polinizadores. A justificativa para tal política pública se baseou em evidências científicas e no poder de voz da sociedade em prol da integridade da biodiversidade, da produção de alimentos e ao meio ambiente relacionados a proteção das abelhas. Para tanto, a regulamentação deve ser concretizada até o fim de 2018 para alguns países membros¹. Enquanto isso, no Brasil, os neonicotinoides continuam sob processo de reavaliação (IBAMA, 2018).

3.2.1.2 Organofosforados (Clorpirifós, Dimetoato, Malationa)

O grupo dos organofosforados incluem agentes químicos altamente tóxicos à saúde humana e ambiental, sendo importante o monitoramento de resíduos em alimentos, águas e solos por seu potencial tóxico à saúde pública (CARNEIRO et al., 2015). Neste sentido, a preocupação com o uso dessas substâncias em culturas agrícolas vai além da questão sobre o impacto aos polinizadores, já que o ser humano, principalmente os trabalhadores rurais, são os que recebem maior atenção aos riscos desses produtos.

A toxicidade dos inseticidas organofosforados deve-se à sua capacidade de inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE) responsável pela hidrólise do neurotransmissor acetilcolina (FUKUTO, 1990). A AChE tem seus grupos funcionais e sítio ativo destruídos definitivamente, levando ao acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica e superestimulação do sistema nervoso, causando sintomas semelhante aos

¹ *News divulgada no dia 27/04/2018 pelo International Journal of Science, NATURE, sob o título “Scientists hail European ban on bee-harming pesticides”. O conteúdo pode ser consultado na íntegra através do endereço eletrônico <https://www.nature.com/articles/d41586-018-04987-4>. Acesso realizado no dia 09/05/2018.

provocados pelos neonicotinoídes. Além disso, a ausência de enzimas desintoxicantes dos grupos funcionais dos organofosforados nos insetos contribui para a eficiência desses inseticidas (FUKUTO, 1990; LIRA, 2010; FREITAS; PINHEIRO, 2010).

Apesar do alto impacto que os organofosforados são capazes de causar em agentes polinizadores por apresentar alta toxicidade, o número de pesquisas científicas que discorrem sobre os efeitos dos princípios ativos Clorpirifós, Dimetoato e Malationa sobre *Apis mellifera* ainda é limitado em comparação aos neonicotinoides, fato constatado por James e Xu (2012). Segundo Naggar et al. (2015), estudos relacionados aos prejuízos à imunidade de *Apis mellifera* por inseticidas organofosforados são escassos, mas provavelmente esses agrotóxicos são potenciais agentes de alteração de comportamentos sociais como *grooming*, limpeza da colmeia, aprendizado e imunidade social, considerando sua forma de ação neurotóxica. Neste sentido, prejuízos à união da colmeia possuem consequências negativas à sobrevivência do grupo (PINHEIRO; FREITAS, 2010; PINHEIRO; FREITAS, 2012; DI PRISCO et al., 2013).

A exposição de *Apis mellifera* adulta a inibidores da enzima acetilcolinesterase mostrou que a variação climática (inverno/verão) tem influência sobre os potenciais efeitos tóxicos dos agrotóxicos organofosforados. Abelhas coletadas no verão e expostas ao inseticida Clorpirifós apresentaram comportamento de inércia por mais tempo que o grupo controle, além de manifestação de espasmos abdominais prejudiciais à função intestinal, não verificados no controle. Análises bioquímicas também demonstraram que, dentre os inibidores de AChE testados, o Clorpirifós foi o mais potente para o cérebro e o tecido intestinal das abelhas, e o único a afetar a expressão de um determinado gene de AChE (AChE-1) no cérebro. Esses efeitos podem afetar profundamente as forrageiras por apresentarem menor quantidade de AChE no cérebro (WILLIAMSON et al., 2013; SHAPIRA et al., 2001 citado por WILLIAMSON et al., 2013).

Larvas destinadas à formação de rainhas têm baixa taxa de desenvolvimento, resultando em pouca emergência, quando expostas a doses subletais de Clorpirifós. Os indivíduos que conseguem emergir, entretanto, têm maior probabilidade de serem acometidas pelo vírus da asa deformada, um problema para a sobrevivência da colônia que pode não conseguir manter o nível de postura desejável para suprir as necessidades da colmeia (DEGRANDI-HOFFMAN et al., 2013).

O contato entre abelhas operárias e resíduos de Clorpirifós se dá principalmente através do contato com superfícies contaminadas após a aplicação. Por

esse motivo não se deve pulverizar culturas agrícolas quando a flor encontra-se disponível para as abelhas. Porém, não se deve excluir a possibilidade de contaminação via ingestão de água a partir de corpos d'água contaminados com agrotóxicos e a contaminação do ninho ao receber pólen, néctar e água em doses letais ou subletais para as larvas (CUTLER et al., 2014). Durante o desenvolvimento larval, as crias estão mais susceptíveis à ação letal do inseticida Clorpirifós no terceiro e quarto dia de vida, e a dose letal capaz de matar 50% dos indivíduos em estágio larval é menor em relação a necessária para os indivíduos adultos (ATKINS; KELLUM, 1986).

Em um experimento conduzido a partir da ingestão de solução de sacarose contaminada com nove tipos de agrotóxicos, um de cada vez, para análise de aprendizagem olfativa de *Apis mellifera*, Dimetoato e Fipronil foram os que causaram mais mortes em relação ao grupo controle. Além disso, abelhas tratadas com a maior dose de Dimetoato (580 ug/L) reagiram mais ao estímulo de extensão da probólide em relação ao controle, representando um problema à exposição subletal desse produto no campo. Tal resultado pode ser explicado pela forma de ação dos organofosforados, capazes de causar prolongamento das sinapses (DECOURTYE et al., 2005).

Em larvas de *Apis mellifera* o agrotóxico Dimetoato, em fase pré-pupa, é capaz de causar danos à metamorfose ocasionando, dentre outros prejuízos, alterações morfológicas (células irregulares com distribuição heterogênea principalmente no corpo gorduroso visceral; alteração da musculatura com desarranjos dos núcleos) e alterações histoquímicas (distanciamento de hemócitos e maior concentração de polissacarídeos no corpo gorduroso; maior condensação da cromatina). Tais alterações resultam no não desenvolvimento de apêndices e incapacidade de desintoxicação de xenobióticos por enzimas no corpo gorduroso (PACÍFICO-DA-SILVA, 2015). Além desses efeitos, Dimetoato também é capaz de causar malformação das asas durante o desenvolvimento larval, mas os indivíduos adultos são os mais susceptíveis às ações do inseticida considerando os níveis LD₅₀ (ATKINS; KELLUM, 1986). O desenvolvimento ontogenético também é prejudicado pelos efeitos do inseticida, causando lentidão no crescimento e morte das larvas quando expostas a altas concentrações, e aceleração dos estágios larvais quando em baixas concentrações (SILVA et al., 2011).

O inseticida Malationa é altamente tóxico, e geralmente letal, a insetos mesmo em baixas concentrações (FUKUTO, 1990), porém o número de indivíduos mortos é proporcional ao aumento da dose e do tempo de exposição (SHARMA; ABROL, 2005). Tal susceptibilidade ao Malationa, e organofosforados em geral, está relacionada ao baixo percentual de corpo gorduroso em *Apis mellifera*, mecanismo

importante de desintoxicação, independente da forma de exposição do inseto ao agrotóxico. O Malationa torna-se especialmente importante na discussão dos efeitos dos organofosforados sobre *Apis mellifera*, pois é capaz de aumentar a susceptibilidade das abelhas a outros inseticidas compostos por ligações éster pela ação de inibição da enzima esterase (YU et al., 1984). Larvas expostas ao Malationa via alimentação e água nas células de cria podem apresentar deformações nas asas, ou mesmo ausência de asas, quando conseguem completar o desenvolvimento (ATKINS; KELLUM, 1986).

Um estudo de monitoramento de abelhas mortas em apiários circundados por plantações de citros na Espanha detectou altas concentrações de resíduos de agrotóxicos, dentre eles Clorpirifós, Dimetoato e Imidacloprido (presentes em 79%, 68% e 32% das amostras respectivamente). Os pesquisadores constataram mortalidade em massa, contabilizando 500 abelhas mortas/dia no período de floração das árvores de citros, sendo a pulverização nessa área frequentemente observada durante a pesquisa. A concentração dos organofosforados residual nas amostras foi proporcional a taxa de mortalidade durante a floração. Baseado nesses fatos e nos resultados de detecção por cromatografia líquida, relacionou-se a mortalidade aos agrotóxicos utilizados em citros e presentes nas amostras de abelhas mortas (CALATAYUD-VERNICH et al., 2016). Os efeitos sub-letais não foram tratados pelos autores, mas pôde-se inferir que no período de maior oferta de néctar, havendo pulverização, o efeito agudo leva à mortalidade pela exposição das forrageiras nas árvores de citros. Os referidos princípios ativos também são utilizados no interior de São Paulo, conforme o levantamento realizado neste trabalho, e a pulverização é frequentemente realizada nos pomares de laranja ocasionando grande mortalidade de abelhas conforme relatos de apicultores da região (CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017).

3.2.1.3 Glicina Sustituída (Glifosato) e Triazolona (Carfentrazona-Etílica)

Diferentemente dos inseticidas, os herbicidas agem sobre o sistema vegetal, e portanto, há poucas pesquisas que avaliaram a ação e dos seus efeitos sobre abelhas, apesar de resíduos desses produtos serem encontrados em produtos da colmeia (THOMPSON et al., 2014).

Herbert et al. (2014) constataram que a exposição prolongada, durante os primeiros 15 dias de vida, de *Apis mellifera* a doses sub-letais do herbicida Glifosato causou prejuízos a capacidade de estímulos químico-sensoriais de um odor (odor-recompensa) e a aprendizagem, com redução da memória de curto prazo. Em

contrapartida, não houve alteração na frequência e no ciclo de forrageamento à fonte de sacarose fortificada com doses agudas de Glifosato, demonstrando não repulsividade ao agrotóxico e possíveis consequências pelo acúmulo do herbicida na colmeia e nos produtos apícolas.

Contrariamente a esses resultados, doses reais de campo testadas em larvas, pupas e abelhas adultas recém-emergidas, não foram capazes de causar prejuízos negativos em colônias de *Apis mellifera* quando expostas ao herbicida via alimentação natural em estufa (THOMPSON et al., 2014). No entanto, dados mais recentes indicam que diferentes doses aplicadas em cultivos agrícolas não só prejudicam a colmeia como também é potencialmente perigoso a curto e longo prazo por afetar a capacidade de cognitiva relacionada ao voo e a localização da colônia, tendo efeito sobre a memória a partir de uma única e repetidas exposições (BALBUENA et al., 2015).

A diferença na taxa de mortalidade à exposição ao Glifosato, porém, pode estar relacionada a concentração testada. Doses recomendadas à aplicação no campo não foram capazes de demonstrar diferença significativa entre grupos controle e grupos expostos oralmente ao herbicida comercial. Entretanto, 50% da concentração recomendada casou 100% de mortalidade de 44 minutos à onze horas após a exposição. Portanto, apesar ser um herbicida e agir primariamente sobre plantas, Glifosato não deve ser considerado 100% seguro e não tóxico às abelhas (RUIZ-TOLEDO; SÁNCHEZ-GUILLÉN, 2014).

O princípio ativo Carfentrazone-etílica, em estudos de avaliação de risco, apresentou toxicidade aguda e efeito crônico subletal sobre as glândulas hipofaríngeas de *Apis mellifera* quando expostas por contato ou via oral. Porém, há incertezas sobre os parâmetros toxicológicos para testes com Carfentrazone-etílica e muitas informações ainda não são elucidadas na literatura científica em relação aos efeitos desse herbicida sobre o desenvolvimento larval e abelhas adultas (EFSA, 2016).

Com exceção dos princípios ativos Malationa, Carfentrazone-etílica e da associação de Clorotraniliprole+Tiametoxam, Zhu et al. (2015) dentro de uma amostragem de 42 compostos, classificaram a toxicidade via pulverização sobre *Apis mellifera* dos compostos discutidos aqui na seguinte ordem crescente: Tiametoxam > Clorpirifós > Dimetoato > Imidacloprido > Clorotraniliprole > Glifosato. Apesar do Glifosato ser classificado como o menos tóxico e mais seguro as abelhas em relação aos neonicotinoides e organofosforados citados, a consideração de Ruiz-Toledo e Sánchez-Guillén (2014) sobre a toxicidade é válida mesmo que a mortalidade seja considerada

baixa (<1%) em testes de LC₅₀ realizados por Zhu et al. (2015), pois o risco não é nulo e efeitos adicionais podem se manifestar a longo prazo.

Pesquisas científicas são cruciais para o entendimento dos efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas, porém é importante considerar que na natureza existem outras vias de exposição que não só as testadas em laboratórios e que outros fatores presentes no ambiente e nos produtos (formulações comerciais e não apenas o princípio ativo principal) podem potencializar ou modificar os efeitos tóxicos sobre os organismos não-alvo. Faz-se necessário avaliar a longo prazo os riscos de exposições contínuas dos diferentes compostos utilizados no campo sobre os polinizadores, sendo a *Apis mellifera* uma espécie com potencial para a realização de testes de sobrevivência (DEVILLERS, 2002; JAMES; XU, 2012; ZHU et al., 2015; HEARD et al., 2017; IBAMA, 2017b). Além disso, considerando que as plantações de laranja são acometidas por diferentes tipos de pragas e que aplicam-se diferentes tipos de agrotóxicos, a interação desses produtos deve ser melhor estudada já que pode aumentar a toxicidade ou causar um efeito aditivo sobre *Apis mellifera*, conforme demonstrado por Zhu et al. (2014) pela combinação de Clorpirifós + Coumaphos e Clorpirifós + Fluvalinate em estágios larvais e por testes de interação de Imidacloprido com herbicidas e inseticidas em operárias (ZHU et al., 2017). Os autores ainda ressaltam que pode ocorrer subestimação dos efeitos dos agrotóxicos quando testados individualmente em relação a possível interação desses produtos no campo.

Considera-se para a minimização dos riscos ocasionados pelos agrotóxicos às abelhas uma série de recomendações antes, durante e após a aplicação desses produtos nas culturas agrícolas. Uma delas diz respeito a utilização de agrotóxicos com baixo tempo residual (RT), aplicados sob condições favoráveis de clima, temperatura, forma de aplicação, etc., considerando ainda a aplicação apenas em período de não floração, realizada no fim da tarde ou a noite, horários em que as abelhas não estão em forrageamento intensivo. Porém, mesmo obedecendo a todas as recomendações há riscos de contaminação tanto de abelhas, quanto de larvas e produtos da colmeia como mel, cera, pólen e própolis (SPADOTTO et al., 2004; FREITAS; PINHEIRO, 2010; IBAMA, 2015; FERREIRA, 2015; BARGANSKA et al., 2016).

3.3 Resíduos de Agrotóxicos em alimentos: o mel como indicador ambiental

Produtos agrotóxicos utilizados no campo seguem diferentes vias de ação e possuem especificidades em relação ao aspecto ambiental. Porém, a maioria dessas

substâncias tem potencial residual e podem ser uma porta de entrada para contaminação e acumulação em organismos vivos (BARGANSKA et al., 2016), sendo crucial o monitoramento ambiental e de alimentos.

Neste contexto, pode-se conhecer e verificar princípios ativos a partir da detecção laboratorial para quantificação de resíduos nos produtos agrícolas. Uma atenção especial é dada aos alimentos uma vez que a ingestão de doses de veneno pode afetar a saúde humana, constituindo uma questão de saúde pública.

Vários são as pesquisas realizadas pela comunidade científica que se empenham no desenvolvimento de metodologias analíticas para detecção de resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem animal, vegetal e aqueles já processados pela indústria. A ANVISA e o Ministério da Saúde, através do Programa de análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) criado em 2001, são responsáveis por apontar a qualidade de determinados alimentos disponíveis no varejo, principalmente os vegetais, em relação aos Limites Máximos de Resíduos (LMR) estabelecidos para o Brasil.

Segundo o relatório de 2013 do PARA, do total de 1.665 amostras coletadas na primeira etapa de amostragem em 2012, 29% foram classificadas como insatisfatórias por apresentarem resíduos de agrotóxicos não autorizados para aquela cultura agrícola, ou autorizados, mas em quantidade acima do limite máximo de resíduo (LMR). Cabe ressaltar que, neste mesmo relatório e no relatório complementar publicado em 2014, foram detectados “ingredientes ativos em processo de reavaliação toxicológica ou em etapa de venda descontinuada programada no Brasil” (ANVISA, 2013, p. 37), sendo 31,5% das amostras insatisfatórias contaminadas com resíduos de ingredientes ativos nessas condições. A porcentagem de amostras insatisfatórias de laranja foi de 28%, porém, não houve coleta para análise no estado de São Paulo, fato intrigante uma vez que este é o principal estado produtor de laranja do Brasil.

O relatório do PARA lançado em 2016 contou com a análise de 12.051 amostras de 25 alimentos de origem vegetal, coletados nos anos de 2013 a 2015. A porcentagem de amostras insatisfatórias contabilizou 19,7%, sendo que 1,11% continham resíduos com potencial de risco agudo a saúde. Das 744 amostras de laranja coletadas, 6,08% não estavam dentro do aceitável seja por LMR ou pela presença de agrotóxicos não indicados para laranjeira. Em relação aos princípios ativos detectados no total de amostras, constatou-se a presença de 64 (50 autorizados e 14 não autorizados para a cultura) dos 209 agrotóxicos pesquisados. Os produtos piraclostrobina, clorpirifós e carbendazim foram os mais frequentes, presentes em 226, 219, 208

amostras respectivamente. Não há especificações sobre os estados participantes desta etapa de coleta, logo não é possível afirmar que o estado de São Paulo, área de estudo de interesse do presente estudo, contribuiu com as amostras de laranja para a análise.

Deve-se considerar que tais análises estabelecem como aceitável, para cada agrotóxico, o limite máximo de detecção determinado para e pelo Brasil. Utilizando a União Europeia (EU) para um comparativo em relação aos valores máximos permitidos, Bombardi (2017) elucida a grande tolerância permitida no Brasil. Como exemplos, resíduos do herbicida glifosato na EU não devem ultrapassar 0,05mg para cana-de-açúcar e soja, e 50µg para água potável. Já no Brasil os valores são 20, 200 e 5000 vezes maiores respectivamente.

Alimentos de origem animal não estão no escopo de análises do PARA, embora estudos comprovem que certos grupos químicos, como os organoclorados, são capazes de se bioacumular em organismos vivos (JARDIM; ANDRADE, 2009). Porém, há manuais e metodologias desenvolvidas que possibilitam o estudo e monitoramento de substâncias residuais nesses alimentos, sejam elas advindas de fármacos, contaminação ambiental ou afins. Tal discussão pode ser direcionada tanto para uma abordagem em relação aos riscos de consumo frequente de pequenas doses dessas substâncias quanto para a constatação de prejuízos e impactos ambientais.

O potencial risco de contaminação de méis por agrotóxicos vem como consequência da exposição das abelhas a uma grande variedade de agrotóxicos em culturas agrícolas, matas e arredores (UNEP, 2010; FREITAS; PINHEIRO, 2010; GALLAI, 2009; BARGANSKA et al., 2016; GODFRAY et al., 2014), até mesmo em consequência da poluição de rios e águas disponíveis às abelhas. As operárias podem transportar os vários resíduos de contaminantes para a colmeia (BARGANSKA et al., 2016). Logo, o mel é discutido aqui como um potencial bioindicador de contaminação de abelhas *Apis mellifera* na região de estudo.

3.3.1 Detecção laboratorial de resíduos de agrotóxicos nas amostras de mel

O ensaio químico não foi capaz de detectar a presença de Carfentrazona-etílica, Clorpirifós, Clorantraniliprole+Tiametoxam, Dimetoato, Imidacloprido, Malationa e Tiametoxam, a partir dos produtos comerciais obtidos, nas amostras de méis. O agrotóxico Glifosato, agrotóxico mais comercializado no Brasil (IBAMA,

2016), não foi analisado devido a particularidades do composto que exige materiais e métodos analíticos não disponíveis no laboratório utilizado nessa pesquisa.

É importante ressaltar que os ensaios químicos foram realizados considerando um único período de florada, a do ano de 2016, sendo analisados entre os meses de agosto a novembro de 2017. Além disso, maiores concentrações de agrotóxicos podem ser encontradas no pólen coletado, mais exposto ao ambiente do que o néctar mais protegido do entorno e que é metabolizado pelas abelhas para dar origem ao mel, o que pode propor que esses produtos talvez sejam os mais indicados como bioindicadores (NAGGAR et al., 2015).

Vários são os estudos que quantificam a presença de resíduos de agrotóxicos em mel, cera, própolis, pólen e abelhas no mundo. Na Uganda, ensaios realizados para detecção de agrotóxicos em abelhas, cera e mel produzidos próximos a plantações de citros e tabaco em sistema convencional foram capazes de apontar resíduos de 20 produtos apenas em abelhas e cera, dentre eles Dimetoato, Clorpirifós, Tiametoxam e Imidacloprido, utilizando LC-MS/MS e GC-ECD. Amostras colhidas próximas a áreas agroecológicas não apresentaram qualquer resíduo (AMULEN et al., 2017), o que induz a afirmação de que os agrotóxicos são provenientes das plantações que os utilizam. Os mesmos organofosforados e neonicotinoides também foram detectados em amostras de pólen provenientes de áreas agrícolas da Espanha (VÁZQUEZ et al., 2015).

No nordeste do Brasil, Pacífico-da-Silva et al. (2015) compararam resíduos presentes em mel de abelhas próximas a plantação de melão e abelhas próximas a região de floresta. Os resíduos foram detectados em maiores concentrações no mel cuja as abelhas estavam mais próximas a plantação de melão, totalizando 13 compostos, dentre eles Clorpirifós, Imidacloprido e Tiametoxam. Dimetoato e outros cinco agrotóxicos foram encontrados no mel das abelhas próximas a floresta, o que indica contaminação de ambiente fora dos limites agrícolas. Dimetoato também foi encontrado em amostras de mel provenientes vários estados brasileiros, juntamente com Malationa e outro tipo de Clorpirifós, o Clorpirifós-metílico. Todos os resíduos estavam abaixo do limite estabelecido para quantificação (PITTELA, 2009).

Não foram testados os produtos utilizados na cana-de-açúcar que, segundo relato de apicultores da região de Matão (CERQUEIRA, FIGUEIREDO, 2017) e dados apontados pelo CONAB (2016), é a cultura agrícola que mais cresce em extensão no estado de São Paulo. Além disso, a cana-de-açúcar recebe a prática de pulverização aérea muitas vezes em desacordo com as condições ambientais e com as

doses recomendadas segundo percepção de apicultores entrevistados por Cerqueira e Figueiredo (2017).

O monitoramento da contaminação de alimento por agrotóxicos faz-se essencial para garantir a saúde do consumidor, portanto os estudos com esse objetivo é uma importante ferramenta que permite a discussão dos níveis de ingestão de agrotóxicos a partir de alimentos (RISSATO, 2007; ANVISA, 2016; BARGANSKA et al., 2016). Considerando que o objetivo da presente pesquisa não se pautou na saúde do consumidor, mas sim no mel como indicador ambiental para discussão da mortalidade de abelhas *Apis mellifera* na região, considera-se pertinente a análise de demais produtos apícolas e de amostras de abelhas obtidas após perdas em massa em trabalhos futuros. Para tanto, a parceria com apicultores é crucial para a concretização dessa investigação, além de requerer materiais analíticos e recursos específicos, fatores que não estavam disponíveis durante o desenvolvimento da presente pesquisa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil se destaca negativamente dos outros países pela quantidade de produtos agrotóxicos permitidos no campo, pelos tipos de princípios ativos autorizados e pelo pouco empenho na conservação de polinizadores. É, em muitos sentidos, mais flexível com questões e regras relacionadas ao meio ambiente quando se trata da produção de commodities e afins destinados principalmente à exportação. Conforme ressalta Freitas e Pinheiro (2010), os polinizadores em cultivos agrícolas são negligenciados em prol dos agrotóxicos. A importância do serviço de polinização por todas as espécies de abelhas é incontestável, porém a *Apis mellifera* se destaca também por sua importância social e econômica no que tange a produção apícola e geração de renda.

Enquanto os efeitos subletais são repetidamente analisados em condições controladas de laboratório, efeitos agudos mortais são relatados frequentemente pela mídia televisiva brasileira, mas a divulgação científica nesses casos ainda é pouco realizada. Mesmo que o processo para registro e autorização de agrotóxicos passe por testes ecotoxicológicos e recomendações de utilização, doses subletais estipuladas por LD₅₀, condições ambientais e a associação de mais de um princípio ativo podem, direta e indiretamente, serem responsáveis pela grande mortalidade de abelhas em apiários e na natureza considerando a toxicidade desses produtos.

Baseado nos estudos exemplificados neste artigo, fica evidente e comprovado cientificamente que os inseticidas neonicotinoides e organofosforados, em especial os princípios ativos Tiametoxam, Imidacloprido, Clorpirifós, Malationa e Dimetoato, são potenciais causas de enfraquecimento de colônias e morte de abelhas *Apis mellifera*. Ressaltando região de estudo selecionada neste trabalho e o levantamento de princípios ativo realizado, pode-se considerar válida a hipótese de que a atividade apícola e as abelhas estejam sendo impactadas negativamente pela utilização de agrotóxicos em monoculturas de laranja no interior do estado de São Paulo.

Os resultados confirmam a qualidade do mel brasileiro, mas os relatos de mortes de abelhas e apiários inteiros durante a florada de laranjeira ainda são uma realidade. Um fator relevante a se considerar é a real dose exposta às abelhas, já que morte em massa denuncia toxicidade aguda, mas os efeitos subletais também influenciam na saúde da colônia e no desenvolvimento das larvas conforme relatado por diversos autores citados nesse trabalho.

Fica evidente que, enquanto a utilização de agrotóxicos no cultivo agrícola for priorizada sobre outros modelos de produção, a segurança dos polinizadores, em especial as abelhas, estará comprometida. Neste cenário, é plausível considerar a necessidade de desenvolvimento de produtos agrotóxicos com menor periculosidade ambiental, menor efeito residual e baixa ou ausente toxicidade aguda e crônica às abelhas. Além disso, medidas de conscientização para o uso agrícola e de educação ambiental em instituições de ensino, principalmente em cursos universitários relacionados à atividade agrícola, são ações possíveis de realização e merecem a atenção de autoridades governamentais por envolver questões de saúde pública e ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAUX, C.; BRUNET, J. L.; DUSSAUBAT, C.; MONDET, F.; TCHAMITCHAN, S.; COUSIN, M.; BRILLARD, J.; BALDY, A.; BELZUNCES, L. P.; CONTE, Y. L. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). **Environmental Microbiology**, v. 12, p. 774-782, 2010.

ALMEIDA ROSSI, C. de.; ROAT, T. C.; TAVARES, D. A.; CINTRA-SOCCOLOWSKI, P.; MALASPINA, O. Effects of sublethal doses of imidacloprid in malpighian tubules of africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Microsc. Res. Tech.**, v. 76, n. 5, p. 552-558, 2013.

AMULEN, D. R.; SPANOGHE, P.; HOUBRAKEN, M.; TAMALE, A.; DE GRAAF, D. C.; CROSS, P.M. Environmental contaminants of honeybee products in Uganda detected using LC-MS/MS and GC-ECD. **PLoS ONE**, v. 12, n. 6, 2017.

ANVISA. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – PARA:** Relatório de atividades de 2011 e 2012. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

ANVISA. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – PARA:** Relatório das análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

ATKINS, E. L.; KELLUM, D. Comparative morphogenic and toxicity studies on the effect of pesticides on honeybee brood. **Journal of Apicultural Research**, v. 25, n. 4, p. 242-255, 1986.

BALBUENA, M. S.; TISON, L.; HAHN, M. L.; GREGGERS, U.; MENZEL, R.; FARINA, W. M. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. **The Journal of Experimental Biology**, n. 218, p. 2799-2805, 2015.

BARGANSKA, Z.; SLEBIODA, M.; NAMIESNIK, J. Honey bees and their products: bioindicators of environmental contamination, Crit. **Rev. Environ. Sci. Technol**, v. 46, n.3, p. 235–248, 2016.

BARGANSKA, Z.; SLEBIODA, M.; NAMIESNIK, J. Pesticide residues levels in honey from apiaries located of Northern Poland. **Food control**, v. 31, p. 196-201, 2013.

BLACQUIÈRE, T.; et al. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, sideeffects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, p. 973-992, 2012.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017, 296 p.

BONERBA, E.; CECI, E.; MONTEMURRO, N.; TANTILLO, G.; DI PINTO, A.; CELANO, G. V.; BOZZO, G. Rapid modified QuEChERS method for pesticides detection in honey by high-performance liquid chromatography UV-visible. **Italian Journal of Food Safety**, v. 3:1647, p. 85-97, 2014.

BRANDT, A.; GORENFLO, A.; SIEDE, R.; MEIXNER, M.; BUCHLER, R. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Insect Physiology**, v. 86, p. 40–47, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002**. Brasília: Diário Oficial da União, Edição nº 5, Seção 1, 8 jan. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm>. Acesso em: 08 mar. 2018.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 2, de 9 de Fevereiro de 2017**.. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=33&data=10/02/2017>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Brasília: Diário Oficial da União, Edição nº 5, Seção 1, 12 jan. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm>. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. **Portaria Normativa Ibama, nº 84, de 15 de Out. de 1996**. Brasília: Diário Oficial da União, Edição nº 203, Seção 1, 18 out. 1996. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/Portaria_84.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

CALATAYUD-VERNICH, P.; CALATAYUD, F.; SIMÓ, E.; SUAREZ-VARELA, M. M.; PICÓ, Y. Influence of pesticide use in fruit orchards during blooming on honeybee mortality in 4 experimental apiaries. **Science of the Total Environment**, v. 541, p. 33–41, 2016.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. S.; RIGOTO, R. M.; FRIENDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J.S.S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para abelha africanizada *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arqu Inst Biol.**, v. 76, p. 597–606, 2009.

CASTRO, V. L. S. S. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, v. 4, n. 1-3, p. 87-94, 2009.

CATAE, A. F.; ROAT, T. C.; PRATAVIEIRA, M.; MENEGASSO, A. R. S.; PALMA, M. S.; MALASPINA, O. Exposure to a sublethal concentration of imidacloprid and the side effects on target and nontarget organs of *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Ecotoxicology**, v. 27, n. 2, p. 109-121, 2017.

CERQUEIRA, A.; FIGUEIREDO, R. A. Percepção ambiental de apicultores: Desafios do atual cenário apícola no interior de São Paulo. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 3, p. 17-21, 2017.

CHAM, K. de O.; REBELO, R. M.; OLIVEIRA, R. de P.; FERRO, A. A.; VIANASILVA, F. E. de C.; BORGES, L. de O.; SARETTO, C. O. S. D.; TONELLI, C. A. M.; MACEDO, T.C. **Manual de avaliação de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas**. Brasília: Ibama/Diqua, 2017. 105p.

CHRISTEN, V.; FENT, K. Exposure of honey bees (*Apis mellifera*) to different classes of insecticides exhibit distinct molecular effect patterns at concentrations that mimic environmental contamination. **Environmental Pollution**, v. 226, p. 48-59, 2017.

CITRUSBR – Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Site disponível em: <<http://www.citrusbr.com/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

COLLINS, C. H., BRAGA, G. L., BONATO, P. S. **Fundamentos de cromatografia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2006. 452p.

CUTLER, G. C.; PURDY, J.; GIESY, J. P.; SOLOMON, K. R. Risk to pollinators from the use of chlorpyrifos in the United States. In: Giesy, J.; Solomon, K. (Eds.) *Ecological*

risk assessment for chlorpyrifos in terrestrial and aquatic systems in the United States. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 231, p. 219-265, 2014.

DECOURTYE, A.; DEVILLERS, J.; GENECQUE, E.; LE MENACH, K.; BUDZINSKI, H.; CLUZEAU, S.; PHAM-DELEÈGUE, M. H. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 8, n. 2, p. 242–250, 2005.

DEGRANDI-HOFFMAN, G.; CHEN, Y.; SIMONDS, R. The effects of pesticides on queen rearing and virus titers in honey bees (*Apis mellifera* L.). **Insects**, v. 4, p. 71-89, 2013.

DEVILLERS, J. Acute toxicity of pesticides to honey bees. In: DEVILLERS, J.; PHAM-DELEGUE, M.H. (Ed.). **Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals**. London: Taylor & Francis, p. 56-66, 2002.

DI PRISCO, G.; CAVALIERE, V.; ANNOSCIA, D.; VARRICCHIO, P.; CAPRIO, E.; NAZZI, F.; GARGIULO, G.; PENNACHIO, F. Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.**, v. 110, p. 18466–18471, 2013.

EFSA - European Food Safety Authority. EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). **EFSA Journal**, v. 11, n. 7:3295, 2013. 268p.

EFSA - European Food Safety Authority. A mechanistic model to assess risks to honeybee colonies from exposure to pesticides under different scenarios of combined stressors and factors. **EFSA Supporting Publication**, 2016. 116p.

FAIRBROTHER, A.; PURDY, J.; ANDERSON, T.; FELL, R. Risks of Neonicotinoid Insecticides to Honeybees. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 4, p. 719-731, 2014.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture** - the international response. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (Eds.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária. p. 19-25, 2004.

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

FERREIRA, M. L. P. C. A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: cenário atual e desafios. **Revista de Direito Sanitário**, v. 15, n. 3, p. 18-45, 2015.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. **Polinizadores e pesticidas: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiros**. Brasília: MMA, 2012. 112p.

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

FUKUTO, T. R. Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. **Environmental Health Perspectives**, v. 87, p. 245-254, 1990.

FUNDECITRUS – Fundo de Defesa da Citricultura. **Lista PIC**. Grade elaborada pelo Comitê de Agrotóxicos para a Produção Integrada de Citros-PIC Brasil, Atualizada em 20/02/2018. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/pdf/GradeZdeZAgrotxicosZ20.02.18_PT.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.

FUNDECITRUS. **Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**: retrato dos pomares em março/2015. Araraquara: Fundecitrus, 2015. 68p.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, p. 810-821, 2009.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 1-9, 2015

GODFRAY, H. C. J.; BLACQUIÈRE, T.; FIELD, F. M.; HAILS, R. S.; PETROKOFKY, G.; POTTS, S. G.; RAINE, N. E.; VANDERGEN, A. J.; MCLEAN, A. R. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. **Proc. R. Soc. B**, v. 281, 2014.

GOMES, I. N. **Bioensaios em laboratório indicam efeitos deletérios de agrotóxicos sobre as abelhas *Melipona capixaba* e *Apis mellifera***. 2017. 51f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

GONÇALVES, L. S. Palestra “**Consequências da falta de abelhas para a fruticultura**”. II Seminário de Abelhas e Polinização de Frutíferas, Evento Toda Fruta, Centro Experimental Citrícola de Bebedouro, 11 de maio de 2018.

GREENPEACE. **The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post-2013**. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2017/agricoltura/neonicotinoid_pesticides.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2018.

HEARD, M. S.; BAAS, J.; DORNE, J. L.; LAHIVE, E.; ROBINSON, A. G.; RORTAIS, A.; SPURGEON, D. J.; SVENDSEN, C.; HESKETH, H. Comparative toxicity of pesticides and environmental contaminants in bees: Are honey bees a useful proxy for wild bee species? **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 357–365, 2017.

HERBERT, L. T.; VÁZQUEZ, D. E.; ANDRÉS, A.; FARINA, W. M. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. **J. Exp. Biol**, v. 217, p. 3457-3464, 2014.

HEYLEN, K.; GOBIN, B.; ARCKENS, L.; HUYBRECHTS, R.; BILLEN, J.. The effects of four crop protection products on the morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of the European honeybee, *Apis mellifera*. **Apidologie**, v. 42, n. 1, p. 103-116, 2011.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**, 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Reavaliação Ambiental – Agrotóxicos**, 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/reavaliacao-ambiental>> Acesso em: 10 jan 2018.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Avaliação de risco de agrotóxico para insetos polinizadores e lacunas de conhecimento**. Coordenação de Controle Ambiental de substâncias e produtos perigosos. Nota Técnica 02001.000062/2017.93 CCNP/IBAMA, 2017. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/avaliacao/2017/2017-07-27-nota_tecnica_avaliacao_de_risco_de_agrotoxicos-para-abelhas.pdf>. Acesso em: 24 abril 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 43, p. 1-49, 2016.

IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). **Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) on pollinators, pollination and food production**. Secretariat of the Intergovernmental Science policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, 2016. 36p.

IWASA, T.; MOTOYAMA, N.; AMBROSE, J. T.; ROE, R. M. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. **Crop Protection**, v. 23, n. 5, p. 371-378, 2004.

JAMES, R. R.; XU J. Mechanisms by which pesticides affect insect immunity. **J Invertebr Pathol**, v. 109, n. 2, p. 175-182, 2012.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 996-1012, 2009.

JAVANOV, P.; GUZSVÁNY, V. LAZIC, S.; FRANKO, M.; SAKAC, M.; SARIC, L.; KOS, J. Development of HPLC-DAD method for determination of neonicotinoids in honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 106–113, 2015.

KLEIN, A.-M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.**, v. 274, n.1608, p. 303–313, 2007.

LIRA, A. F. **Estudo da cinética de inibição anticolinesterásica por diaquilfosforamidatos**. 2010. 77f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LÓPEZ, D. R.; AHUMADA, D. A.; DÍAZ, A. C.; GUERRERO, J. A. Evaluation of pesticide residues in honey from different geographic regions of Colombia. **Food Control**, v. 37, p. 33-40, 2014.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Honey bee attractants and pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, var. Pera-Rio. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 10, p. 144-153, 2004.

MARGNI, M.; ROSSIER, D.; CRETZAZ, P.; JOLLIET, O. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 93, p. 379–392, 2002.

MEDRZYCKI, P.; MONTANARI, R.; BORTOLOTTI, L.; SABATINI, A. G.; MAINI, S.; PORRINI, C. Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. **Bulletin of Insectology**, v. 56, n. 1, p. 59-62, 2003.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil**: proposta metodológica de acompanhamento/ Maria Cecília de Lima e Sá de Alencar. – Brasília: Ibama, 2012.

NAGGAR, Y. A.; CODLING, G.; VOGT, A.; NAIEM, E.; MONA, M.; SEIF, A.; GIESY, J. Organophosphorus insecticides in honey, pollen and bees (*Apis mellifera* L.) and their potential hazard to bee colonies in Egypt. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 114, p. 1–8, 2015.

NEVES, E. L. **Polinização de espécies nativas da caatinga e o papel da abelha exótica *Apis mellifera***. 155f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, 2008.

NEVES, M. F., TOMBIN, V. G., MILAN, P., LOPES, F. F., CRESSONI, F., KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia, 2010. 138p.

PACÍFICO-DA-SILVA, I.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO M. M.; SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**, v. 46, n. 6, p. 703–715, 2015.

PEREIRA, A. M. Efeitos de inseticidas na sobrevivência e no comportamento de abelhas. 2010. 125f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

PETTIS, J. S.; VANENGELSDORP, D.; JOHNSON, J.; DIVELY, G. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. **Naturwissenschaften**, v. 99, n. 2, p.153-158. 2012.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M, G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de

colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

PITTELLA, C.M. **Determinação de resíduos de agrotóxicos em mel de abelhas (*Apis sp*) por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

RANGEL, L. E. P.; BOTTON, M.; PAPA, G.; YAMAMOTO, P. T.; ROGGIA, S. **Uso de neonicotinoides no Brasil - situação atual dos produtos registrados**. Embrapa Soja, p. 47-53, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127056/1/Botton2014-Relacao-Agricultura-Apicultura.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

RATNAKAR, V.; KOTESWARA RAO, S. R.; SRIDEVI, D.; VIDYASAGAR, B. Sublethal lethal exposure of certain newer insecticides molecules to honeybee, *Apis mellifera* Linnaeus. **Int. J. Pure App. Biosci.**, v. 4, n. 5, p. 641-646, 2017.

REBELO, R. M.; CALDAS, E. D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Quim. Nova**, v. 37, n. 7, p. 1199-1208, 2014.

RISSATO, S. R.; GALHIANE, M. S.; ALMEIDA, M. V.; GERENUTTI, M.; APON, B. M. Multiresidue determination of pesticides in honey samples by gas chromatography–mass spectrometry and application in environmental contamination. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1719–1726, 2007.

RORTAIS, A.; ARNOLD, G.; DORNE, J. L.; MORE, S. J.; SPERANDIO, G.; STREISSL, F.; SZENTES, C.; VERDONCK, F. Risk assessment of pesticides and other stressors in bees: Principles, data gaps and perspectives from the European Food Safety Authority. **Science of the Total Environment**, v. 587-588, p. 524–537, 2017.

RORTAIS, A.; ARNOLD, G.; HALM, M. P.; TOUFFET-BRIEN, F. Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. **Apidologie**, v. 36, p. 71-83, 2005. Disponível em: <<http://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/2005/01/M4053.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

RUIZ-TOLEDO, J.; GUILLÉN, S. D. Effect of the concentration of glyphosate present in body waters near transgenic soybean fields on the honeybee *Apis mellifera*, and the stingless bee *Tetragonisca angustula*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 30, p. 408-413, 2014.

SHARMA, D.; ABROL, D. P. Contact toxicity of some insecticides to honeybee *Apis mellifera* (L.) and *Apis cerana* (F.). Short communication in **Asia-Pacific Entomol.**, v. 8, p. 113-115, 2005.

SILVA, Z. E. C. M.; CAMARGO, S.; TAVARES, D. A.; CARVALHO, S. M.; MALASPINA, O. **Efeito do inseticida dimetoato no desenvolvimento ontogenético das larvas de *Apis mellifera* africanizada**. X Congresso de Ecologia do Brasil, 16 a 22 de Setembro de 2011, São Lourenço – MG, 2011.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 950p.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. **Monitoramento de risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29p.

SUCHAIL, S.; DEBRAUWER, L.; BELZUNCES, L. P. Metabolism of imidacloprid in *Apis mellifera*. **Pest Management Science**, v. 60, p. 291–296, 2003.

TAVARES, D. A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; MALASPINA, O. In vitro effects of thiamethoxam on larvae of Africanized honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, v. 135, p. 370–378, 2015.

TEIXEIRA, E. W.; MESSAGE, D. **Manual veterinário de colheita e envio de amostras: manual técnico**. In *Abelhas: Apis mellifera*. Organização Pan-Americana da Saúde, Cooperação Técnica MAPA/OPAS/OPAS/OPAS para o Fortalecimento dos Programas de Saúde Animal do Brasil. Rio de Janeiro: PANAFTOSA - OPAS/OMS, 2010. 218p.

THOMPSON, H. M.; LEVINE, S. L.; DOERING, J.; NORMAN, S.; MANSON, P.; SUTTON, P.; MÉREY, G. V. Evaluating Exposure and Potential Effects on Honeybee Brood (*Apis mellifera*) Development Using Glyphosate as an Example. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 10, n. 3, p. 463–470, 2014.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. **Annu. Rev. Entomol**, v. 48, p. 339–364, 2005.

UNEP (United Nations Environment Programme). **Emerging issues: Global Honey Bee Colony Disorder and other threats to insect pollinators**, 2010. Disponível em: <http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Global_Bee_Colony_Disorder_and_Threats_insect_pollinators.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2018.

VAN DER SLUIJS, J. P.; SIMON-DELISO, N.; GOULSON, D.; MAXIM, L., BONMATIN, J. M.; BELZUNCES, L. P. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, p. 293-305, 2013.

VÁZQUEZ, P. P.; LOZANO, A.; UCLÉS, S.; RAMOS, M. M.; FERNÁNDEZ-ALBA, A. R. A sensitive and efficient method for routine pesticide multiresidue analysis in bee pollen samples using gas and liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1426, p. 161–173, 2015.

WIESE, H. **Apicultura: novos tempos**. 2ª.ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 378p.

WILLIAMSON, S. M.; WRIGHT, G. A. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. **Journal of Experimental Biology**, v. 216, p. 1799–1807, 2013. Disponível em: <<http://jeb.biologists.org/lookup/doi/10.1242/jeb.083931>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

WU, J. Y.; ANELLI, C. M.; SHEPPARD, W. S. Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. **PLoS ONE**, v. 6, n. 2, 2011.

YU, S. J.; ROBINSON, F. A.; NATION, J. L. Detoxication capacity in the honey bee, *Apis mellifera* L. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 22, p. 360-368, 1984.

ZHU, Y.C.; YAO, J.; ADAMCZYK, J.; LUTTRELL, R. Feeding toxicity and impact of imidacloprid formulation and mixtures with six representative pesticides at residue concentrations on honey bee physiology (*Apis mellifera*). **PLoS ONE**, v. 12, n. 6, 2017.

ZHU, W.; SCHMEHL, D. R.; MULLIN, C. A.; FRAZIER, J. L. Four common pesticides, their mixtures and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, 2014.

ZHU, Y. C.; ADAMCZYK, J.; RINDERER, T.; YAO, J.; DANKA, R.; LUTTRELL, R.; GORE, J. Spray toxicity and risk potential of 42 commonly used formulations of row crop pesticides to adult honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 6, p. 2640-2647, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PESSOAIS

A hipótese inicial que permeou o desenvolvimento dessa pesquisa foi formulada a partir de uma pergunta real ao analisar a atual situação enfrentada pelos apicultores da região. Por que notícias sobre mortalidade de apiários inteiros são cada vez mais frequentes na mídia? Quais os principais fatores apontados como responsáveis? Por que aparentemente os danos não são reparados ou minimizados na mesma proporção em que são causados? Qual a visão dos principais prejudicados, social e economicamente, sobre a temática ambiental que permeia o trabalho com as abelhas? Enfim. Os questionamentos eram muitos e o desejo pela investigação e compreensão da relação atividade apícola x meio ambiente x agricultura/agrotóxicos motivou, então, o desenvolvimento desse trabalho.

O mesmo provavelmente despertou o desejo de investigação de diversos pesquisadores, mas poucos ou nenhum buscou o diálogo com o grupo de trabalhadores que lida diariamente com de desafios no campo ocasionados por fatores naturais e, principalmente, por ação antrópica. As entrevistas realizadas com os apicultores abrem espaço para uma série de reflexões e discussões das quais permeariam a escrita de futuros trabalhos.

O primeiro contato, realizado via telefone, muitas vezes evidenciava o anseio em ganhar voz e a maioria, após receber informações sobre a pesquisa, iniciava relatos e histórias vivenciadas enquanto apicultores, e frequentemente apontavam os agrotóxicos como principal desafio para a atividades apícola. A metodologia “bola de neve” foi fundamental para realizar o levantamento e o contato com os apicultores da região. A informalidade seria um fator limitador sem essa abordagem, já que são profissionais autônomos muitas vezes não associados a cooperativas.

A dedicação ao manejo das colmeias em período de florada exigiu que as entrevistas fossem marcadas em dias, horários e locais conforme a disponibilidade de cada um, que mesmo realizando ativamente longas viagens e acampamentos não desmarcaram ou recusaram a participação. Aqui evidencia-se que a apicultura migratória é realizada pela maioria dos apicultores entrevistados, seja pelo interesse de produção de mel de uma determinada florada, seja pela não disponibilidade de locais apropriados para manter as colmeias fixas durante todas as épocas do ano.

A análise textual discursiva permitiu discorrer sobre uma abordagem científica para a pesquisa, mas os relatos, observações e ações envolvidas que se formam quando questionados sobre qualquer aspecto da profissão enaltece uma

valorização sentimental e de gratidão pelas abelhas. Por isso, faz-se relevante o registro de algumas considerações pessoais, informações e vivências que foram compartilhadas durante a interação com os profissionais da apicultura.

Além daqueles fatores naturais que prejudicam a integridade das colônias como doenças, parasitas, enxameação, alteração nos ciclos das chuvas e precipitação em excesso, há dificuldades enfrentadas em relação a locais para instalação dos apiários, roubos de colmeias e, principalmente, perdas em massa de abelhas que são muitas vezes encontradas mortas nos apiários. A convite de dois apicultores entrevistados foi possível a visita de quatro apiários onde pôde-se verificar grandes quantidades de abelhas no solo abaixo das colmeias. A confirmação de intoxicação por agrotóxicos só poderia ser confirmada mediante coleta e análise laboratorial, mas não pode-se negar o fato de que esse episódio acontece após a observação de pulverização das monoculturas próximas, segundo muitos entrevistados relataram.

Concluído o período de entrevistas, quatro apicultores entraram novamente em contato para relatar grandes perdas de abelhas em apiários, numa tentativa de enfatizar o quanto a apicultura está sendo prejudicada pelo uso de agrotóxicos. Foram abertos novos boletins de ocorrência na polícia local, mas até o momento da escrita destas considerações não houve resolução ou ressarcimento financeiro por parte dos responsáveis. O prejuízo financeiro é um importante fator a se considerar, visto que a produção apícola é realizada em períodos específicos do ano, e o lucro de venda é então administrado numa distribuição ao longo do ano. Quando há perdas repentinas de colmeias por agrotóxicos, o apicultor não recebe pelos custos de produção, trabalho executado e pelos produtos, já que estes estão contaminados ou não maturados. Segundo informações dos entrevistados, uma colmeia demora em média dois anos para ser produtiva, logo esse prejuízo causado precisa de, pelo menos, dois e meio para ser reparado. A cera, que pode ser derretida e moldada para ser novamente utilizada nas caixas também não é utilizada caso se constate contaminação por agrotóxicos. Porém, os prejuízos podem ser expandidos para além das perdas materiais, considerando o valor sentimental pela paixão do trabalho com as abelhas conforme a maioria compartilhou nas conversas.

Apontada a utilização de agrotóxicos como principal responsável pelos danos na criação de abelhas *Apis mellifera*, a pesquisa se expandiu na busca pela compreensão de mais uma parte da realidade da região: quais são os principais agrotóxicos atualmente aplicados nas monoculturas? O que as pesquisas científicas revelam e discutem sobre os efeitos desses produtos sobre as abelhas? Sendo a

monocultura de laranja de interesse para a produção apícola e a região de estudo pertencente ao Cinturão Citrícola, foi dado o foco para os agrotóxicos dessa cultura agrícola, não dependente mas também beneficiada pelos serviços de polinização.

As agroindústrias citrícolas aceitaram realizar as doações de amostras, demonstrando cooperação com a pesquisas científicas. É preciso considerar que as características da fruta que a indústria recebe influencia diretamente na qualidade do suco e dos subprodutos, e que quando a flor de laranjeira é polinizada há melhora nas características e, portanto, interesses financeiros envolvidos. Porém, a constatação da realidade também a expõe como um potencial risco às abelhas, já que utilizam agrotóxicos comprovadamente tóxicos, aplicando-os principalmente via pulverização aérea.

Os agrotóxicos obtidos representam a realidade tóxica a qual estão expostos não só as abelhas *Apis mellifera*, como as nativas, demais polinizadores, invertebrados e vertebrados, não excluindo o ser humano. Os produtos agrotóxicos com elevado período de degradação e os que apresentam alta mobilidade em solo, como os apresentados deste trabalho, podem contaminar muito mais que os alimentos que ingerimos além de comprometerem o equilíbrio ambiental em mais de um nível trófico e ecossistêmico. A realização de trabalhos que visem o monitoramento da presença desses agrotóxicos em áreas próximas às monoculturas em de laranja, podendo abranger os canais que as circundam, podem relatar quais são os limites de contaminação desses produtos considerando as diferentes épocas do ano e a frequência de aplicação.

A alta tolerância estipulada para o limite de resíduos de agrotóxicos em alimentos no Brasil coloca em pauta sobre o que é considerado seguro para o consumo. Essa realidade pode afetar as negociações de exportação, fazendo necessária a realização de certificações que afirmem que aquele determinado produto está dentro dos limites estipulados pelo país importador. A devolução de grandes cargas de alimentos rejeitados por esse problema é uma realidade principalmente no que tange às exportações de suco de laranja do Brasil. Todo o custo de produção é um fator importante a se considerar para a economia e a imagem do país, mas o impacto ambiental dessa produção permanecerá repercutindo por meses ou anos. Nesta visão, pode-se afirmar que o setor mais prejudicado na cadeia produtiva de alimentos continua sendo o meio ambiente. Mesmo que a legislação ambiental brasileira seja considerada uma das melhores do mundo, a falta de fiscalização ou a fiscalização ineficiente perante o uso de agrotóxicos enfraquece a integridade ambiental e a imagem do país.

A abelha *Apis mellifera* africanizada é amplamente conhecida pela alta produção de mel, mas também por sua reatividade e resistência a doenças como resultado da variabilidade genética. Esse é um assunto discutido mundialmente conforme relatado nos eventos nacionais e internacionais dos quais pude participar nos últimos anos, como o Congresso Ibérico de Apicultura realizado em 2018 em Portugal. Os pesquisadores e apicultores brasileiros participantes das entrevistas confirmam esse fato: as abelhas *Apis mellifera* africanizada são capazes de viver em equilíbrio com patógenos que são considerados na Europa o maior desafio para a atividade apícola. Dados apresentados pela pesquisadora do APTA, Dr. Érica W. Teixeira durante, em palestra sobre Sanidade Apícola ministrada no dia 11 de maio de 2018, no 2º Seminário sobre Abelhas e Polinização de Frutíferas, mostram a real convivência entre abelhas e patógenos em colônias saudáveis e produtivas. Nenhum patógeno individualmente parece estar associado ao declínio ao longo do tempo, porém quando as abelhas são expostas a agrotóxicos, o sistema imunológico é enfraquecido e então os patógenos são capazes de levar a colônia a estados críticos de saúde. Conclui-se que, enquanto diversos países lutam para combater viroses, acarioses, bacterioses e afins, no Brasil a mão humana é responsável por causar grandes danos à produção apícola e ao meio ambiente.

Este trabalho pautou-se na discussão dos efeitos e prejuízos em relação à *Apis mellifera* e a apicultura. Os pontos apresentados são de relevância principalmente sob os aspectos sociais, econômicos e ambientais, mas este último torna-se muito mais relevante quando considera-se as abelhas nativas do Brasil. Muitas espécies possuem sua biologia pouco estudadas ou desconhecidas, mas sabe-se que algumas espécies são polinizadoras exclusivas de determinadas espécies vegetais e, portanto, qualquer impacto sobre esses animais é capaz de causar consequências muito mais sérias do que aquelas causadas sob uma espécie introduzida. Há muito a caminhar no sentido da compreensão das espécies nativas sociais e solitárias para a proteção ambiental, mas a verdade é que: se a ação humana é capaz de consequências inestimadas sob um organismo com alta variabilidade genética, quais serão os reais danos ambientais, cada dia mais intensificados, sob responsabilidade das mãos humanas?


ANEXO I

COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO NO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS – UFSCAR – PLATAFORMA BRASIL

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos da aplicação de agrotóxicos na cultura da laranja em relação à contaminação de abelhas *Apis mellifera* e mel em apiários na região de Matão (SP).
Pesquisador Responsável: AMANDA CERQUEIRA
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 60262516.5.0000.5504
Submetido em: 08/09/2016
Instituição Proponente: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_777118

ANEXO II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ENTREGUE AOS APICULTORES ENTREVISTADOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS / PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Resolução 466/2012 do CNS)

PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE APICULTORES DA REGIÃO DE MATÃO (SP)

Eu, Amanda Cerqueira, estudante do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar o(a) convido a participar da pesquisa “Efeitos da aplicação de agrotóxicos na cultura da laranja em relação à contaminação de abelhas *Apis mellifera* e mel em apiários na microrregião de Araraquara (SP)” orientada pelo Prof. Dr. Rodolfo Antônio Figueiredo.

Você foi selecionado (a) por ser profissional efetivo na atividade apícola residente na região da cidade de Matão/SP, cidade onde o estudo será realizado. Primeiramente você será convidado a responder uma entrevista semiestruturada que abordará questões pertinentes à apicultura e meio ambiente.

A entrevista será individual e realizada no melhor dia, local e horário para o apicultor, visando não atrapalhá-lo em suas. As perguntas e as respostas serão gravadas para posterior transcrição.

As perguntas não serão invasivas à intimidade dos participantes, entretanto, esclareço que a participação na pesquisa pode gerar estresse e desconforto como resultado da exposição de opiniões pessoais em responder perguntas que envolvem as próprias ações. Serão concedidas pausas durante a entrevista, se o participante assim preferir, e liberdade de direito de escolha para responder ou não questões achar constrangedoras ou muito pessoais, podendo interromper a entrevista a qualquer momento.

Sua participação nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científicos, proporcionando maiores informações e discussões que poderão trazer benefícios ambientais e acadêmicos, para a construção de novos conhecimentos e busca de alternativas para os problemas encontrados.

Sua participação é voluntária e não haverá compensação em dinheiro pela sua participação. A qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não lhe trará nenhum prejuízo profissional, seja em sua relação ao pesquisador, à Instituição em que trabalha ou à Universidade Federal de São Carlos.

Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídos códigos, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

Solicito sua autorização para gravação em áudio das entrevistas. As gravações realizadas durante a entrevista semiestruturada serão transcritas pela pesquisadora garantindo que se mantenha o mais fidedigna possível.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento.

Se você tiver qualquer problema ou dúvida durante a sua participação na pesquisa poderá comunicar-se com a pesquisadora pelo telefone (016)99613-1155. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

Endereço para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):

Pesquisador Responsável: Amanda Cerqueira

Endereço: Rua Antônio Silveira Leite, 1651, Jardim Vivelândia – Matão/SP

Contato telefônico: (16)99613-1155 ou (16)3382-4898

e-mail: ac.cerqueiraamanda@gmail.com

Local e data: _____

Nome do Pesquisador

Assinatura do Pesquisador

Nome do Participante

Assinatura do Participante

ANEXO III

TERMO DE CONSENTIMENTO – DOAÇÃO DE AMOSTRAS DE AGROTÓXICOS UTILIZADOS PELAS AGROINDÚSTRIAS CITRÍCOLAS

Declaro que eu, Amanda Cerqueira, estudante do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos (Campus São Carlos), nível Mestrado, em posição de aluna pesquisadora orientada pelo Professor Dr. Rodolfo Antônio Figueiredo, utilizarei as substâncias gentilmente doadas por essa empresa para fins científicos.

O trabalho científico, que resultará em minha dissertação, visa a interface entre as áreas social, ambiental e química. Tem como objetivo principal a ampliação da compreensão sobre os efeitos da aplicação de agrotóxicos sobre a apicultura (produção de mel de *Apis mellifera*). A necessidade de se obter os produtos químicos em questão se deve às análises químicas que serão realizadas utilizando o método/equipamento HPLC (CLAE) em amostras de mel e abelhas. Tenho ciência dos riscos do uso inadequado de substâncias químicas, em especial ao uso de agrotóxicos.

Projetos dessa natureza são importantes meios de avaliação ambiental, abrindo oportunidade para o desenvolvimento de novas técnicas ou produtos, em substituição ou não dos atuais recursos disponíveis. Por se tratar de um trabalho acadêmico, serão gerados resultados e conhecimentos sem a necessidade futura de aplicação.

Vale ressaltar que em momento algum os nomes dos colaboradores/empresas que se prontificaram a ajudar a equipe de pesquisa serão divulgados, e que nenhuma das partes se beneficiou ou se beneficiará com recursos financeiros.

Agradeço imensamente a contribuição da empresa (nome da empresa) e me coloco a disposição para possíveis questionamentos. Atenciosamente,

São Carlos, __ de Setembro de 2016.

Amanda Cerqueira

Prof. Dr. Rodolfo Antônio Figueiredo