

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Avaliação da contaminação do alimento larval de *Xylocopa frontalis*
(Olivier) (Apidae, Xylocopini) por metais pesados**

Pedro Reis Antunes

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG

JULHO - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Avaliação da contaminação do alimento larval de *Xylocopa frontalis*
(Olivier) (Apidae, Xylocopini) por metais pesados**

Pedro Reis Antunes

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG

JULHO - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Avaliação da contaminação do alimento larval de *Xylocopa frontalis*
(Olivier) (Apidae, Xylocopini) por metais pesados**

Pedro Reis Antunes

Orientadora: Profa. Dra. Solange Cristina Augusto

Coorientadora: Dra. Camila Nonato Junqueira

Instituto de Biologia - INBIO

Homologado pela coordenação do Curso

de Ciências Biológicas em __/__/__

Profa. Dra. Celine de Melo

Uberlândia – MG

JULHO - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Avaliação da contaminação do alimento larval de *Xylocopa frontalis*

(Olivier) (Apidae, Xylocopini) por metais pesados

Pedro Reis Antunes

Aprovado pela Banca Examinadora em: / / Nota: _____

Profa. Dra. Solange Cristina Augusto

Uberlândia, 06 de julho de 2018.

“Nem todos aqueles que
viajam sem rumo estão
perdidos.”

J.R.R. Tolkien

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que investiram na minha educação, me proporcionando uma educação de qualidade, e acreditaram que eu pudesse chegar até aqui. Ao meu irmão, obrigado por estar presente, pela amizade e companheirismo. Aos meus familiares, agradeço à paciência que tiveram e todo o apoio e incentivo dado.

À Profa. Dra. Solange Cristina Augusto, pela orientação, oportunidade, dedicação e confiança, durante meu trabalho. À Profa. Dra. Camila Nonato Junqueira, pela coorientação, paciência e ajuda durante todas as etapas da pesquisa. Ao Prof. Dr. Douglas Queiroz Santos, pela colaboração imprescindível no desenvolvimento das metodologias e análises.

À todos do laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas, em especial à Profa. Dra. Laíce Souza Rabelo, Dr. Thiago Henrique Azevedo Tosta, Dr. Bruno Ferreira Bartelli pelos ensinamentos e conselhos.

À minha namorada pelo companheirismo, cumplicidade e incentivo.

À todos das gestões 2013, 2014 e 2015 da Associação Atlética Acadêmica da Biologia, principalmente Felipe Alexandre, Vanessa Rocha, Brunna Leão, Mateus Tizo, Paulo Enrique Cuevas, Giancarlo de Grandi. Vocês foram essenciais nessa etapa da minha formação permitindo que fosse leve e descontraída. Obrigada pelos momentos de convivência, risadas, conselhos e companheirismo.

À todos que de alguma forma tiveram participação no decorrer do meu trabalho, o meu sincero e profundo agradecimento.

RESUMO

A acumulação de metais pode ocorrer no corpo das abelhas e em seus ninhos. O objetivo deste estudo foi verificar e comparar a contaminação do alimento larval de *Xylocopa frontalis* por Chumbo, Cromo, Zinco e Níquel em área natural, agrícola e urbana. As amostras de alimento larval foram coletadas de ninhos estabelecidos em gomos de bambu disponibilizados em abrigos de abelhas. Foram selecionadas uma área de cultivo de maracujá-amarelo na Fazenda Experimental Água Limpa (FEAL), a Estação Ecológica do Panga (EEP) e o Instituto de Biologia (IB). Todas as áreas são pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. As amostras apresentaram os metais pesados analisados. Não foram encontradas diferenças significativas quanto ao teor de metais pesados encontrados entre IB e EPP para Pb ($t = -0,2243$, $p = 0,8314$). Houve diferença significativa quanto à presença de Cr ($t = 3,6994$, $p = 0,014$), Ni ($t = 6,0657$, $p = 0,001$) e Zn ($t = 0,4699$, $p = 0,014$). Os resultados evidenciam que a análise do alimento larval de abelhas solitárias, pode ser eficiente como bioindicador de metais pesados.

Palavras-chave: abelha solitária, cerrado, bioindicadores, áreas urbanas, reservas naturais.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
MATERIAIS E MÉTODOS	05
1- Áreas de estudo	05
2- Procedimentos	06
2.1- Obtenção das amostras de alimento larval de <i>Xylocopa frontalis</i>	06
2.2- Avaliação da contaminação do alimento larval	06
2.3- Análise estatística	07
RESULTADOS	07
DISCUSSÃO	09
CONCLUSÕES	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

Introdução

A contaminação por metais pesados é decorrente de processos naturais, mas principalmente como resultado de diversas atividades antrópicas, sendo considerada a mais de duas décadas um problema ambiental crescente e uma ameaça global aos organismos vivos (NRIAGU, 1996). Devido à sua alta afinidade por substâncias orgânicas, esses poluentes acumulam-se rapidamente na serrapilheira e no solo (WALKER *et al.*, 2012). Apesar de muitos metais serem essenciais em processos bioquímicos e fisiológicos dos organismos, como cobre e zinco, se tornam tóxicos quando encontrados em níveis elevados. Outros, chamados de xenóbicos, como o mercúrio e chumbo, são tóxicos em qualquer quantidade além das encontradas naturalmente (NEWMAN e CLEMENTS, 2008). Ambos os tipos de metais pesados são comumente encontrados em concentrações tão altas que atingem níveis tóxicos em algumas partes dos ecossistemas, de modo a perturbar seu funcionamento adequado (CLEMENTS e NEWMAN, 2002).

Esses elementos químicos fazem parte da composição de diversos agrotóxicos. Isso torna as ameaças provenientes das práticas agrícolas modernas particularmente relevantes no Brasil devido ao seu potencial de produtividade agrícola, como nas culturas de maracujá, tomate e berinjela, onde, geralmente, emprega-se grandes quantidades de consumo de agrotóxicos para sua manutenção (FISHER e REZENDE, 2008; ELMER e WHITE, 2016). O Brasil é considerado o maior consumidor de agrotóxicos no mundo (ORTIZ, 2012; PRADA, 2015), sendo responsável pelo consumo de 50% da quantidade comercializada (OLIVEIRA-SILVA *et al.*, 2001). Outras práticas agrícolas como irrigação com o uso de água residual da indústria, a correção do pH do solo, o aumento do suprimento de nutrientes e a proteção das lavouras pelo controle de doenças e pragas, podem causar desgaste químico do solo devido ao acúmulo de

elementos e/ou compostos tóxicos em níveis indesejáveis (GUPTA *et al.*, 2010; SUN *et al.*, 2010).

Em ambientes urbanos, as mais prováveis fontes de poluição por metais pesados são emissões veiculares, resíduos industriais, a sedimentação de poeira e substâncias suspensas na atmosfera, a combustão de carvão e a precipitação seca e úmida de outros poluentes (SANTOS, 2005; MORTON-BERMEA *et al.*, 2008; SUN *et al.*, 2010). Uma longa exposição a esses poluentes pode deteriorar a qualidade do solo e contaminar os lençóis freáticos (LJUNG *et al.*, 2006; HSU *et al.*, 2016). Desta maneira, a contaminação vestigial em áreas urbanas pode apresentar implicações ambientais de longo termo e longo alcance (WONG *et al.*, 2006).

A alta concentração de metais pesados no ambiente pode reduzir a diversidade de espécies de abelhas nativas e, conseqüentemente, os serviços de polinização prestados por esses insetos (MÓRON, 2012). O declínio nas populações de abelhas é um fenômeno reconhecido em todo o mundo, tendo como uma das possíveis causas o uso indiscriminado de agrotóxicos (BIESMEIJER *et al.*, 2006; KLUSER e PEDUZZI, 2007; POTTS *et al.*, 2016).

Estudos sobre bioacumulação de metais pesados têm sido realizados majoritariamente com *Apis mellifera* L. devido a sua ampla distribuição geográfica, a sua relevância para a polinização agrícola mundial e a comercialização de mel e pólen (VAN DER STEEN *et al.*, 2012). Esses elementos químicos podem estar presentes nas abelhas e nos seus ninhos por meio da ingestão de água, pólen e néctar contaminados e da inalação e adesão de partículas no corpo durante o forrageamento (MÓRON, 2012; VAN DER STEEN *et al.*, 2012; KIELISZEK *et al.*, 2017).

Os efeitos desses elementos nas colmeias incluem redução do número de indivíduos nos ninhos e alterações na dinâmica de nidificação quanto ao número de células de cria produzidas e armazenamento de pólen e mel (ROMAN, 2009; VAN DER STEEN *et al.*, 2012). Além disso, no indivíduo, os efeitos podem se apresentar como redução no tamanho, desenvolvimento e sobrevivência (WALKER *et al.*, 2012; MÓRON *et al.*, 2013; DI *et al.*, 2016; SZENTGYÖRGYI *et al.*, 2017).

Abelhas solitárias apresentam papel importante tanto para a manutenção da comunidade de espécies vegetais (ROUBIK, 1992), como por estabelecer serviços de polinização mais estáveis, além de aumentar a produtividade e qualidade dos frutos em sistemas agrícolas (ROGERS *et al.*, 2014; JUNQUEIRA e AUGUSTO, 2017). As abelhas do gênero *Xylocopa* Latreille (Apidae: Xylocopini), popularmente conhecidas como mamangavas, têm ampla distribuição mundial (O'TOOLE e RAW, 1991). Sua ocorrência pode ir de áreas preservadas, passando por um gradiente de áreas agrícolas até o ambiente urbano, que em condições adequadas, pode servir como local de estudo e conservação (CHAVES-ALVES *et al.*, 2011; JUNQUEIRA *et al.*, 2013). Esse gênero é composto por abelhas grandes e robustas que podem medir até 4,5 cm de comprimento (CAMILLO, 2003). Devido ao seu porte, essas abelhas são eficientes polinizadores de espécies vegetais com flores grandes, como por exemplo, as de Passifloraceae (FREITAS e OLIVEIRA-FILHO, 2001).

As fêmeas de *Xylocopa* (*Neoxyloccopa*) *frontalis* (Olivier) e *Xylocopa* (*Neoxyloccopa*) *grisescens* Lepeletier são os polinizadoras efetivos do maracujá-amarelo e podem ser atraídas por ninhos-armadilha, do tipo gomos de bambu, para a construção de ninhos (PEREIRA e GARÓFALO, 2010; JUNQUEIRA *et al.* 2012). Nesse tipo de substrato, as fêmeas podem produzir de 1-6 células (PEREIRA e GARÓFALO, 2010).

Durante o aprovisionamento da célula, a fêmea realiza numerosos voos para coleta de pólen e néctar, os quais são os constituintes principais do alimento larval (PEREIRA e GARÓFALO, 2010). Um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores de maracujá é a baixa frequência dessas abelhas em áreas de cultivos, sendo necessário o uso de polinização manual para uma boa produção de frutos (SILVEIRA *et al.*, 2012). O desenvolvimento de práticas de criação e manejo dessas espécies tem sido proposto com o objetivo de conservar esses polinizadores e aumentar suas populações em áreas de cultivo de maracujá-amarelo (JUNQUEIRA *et al.*, 2013; JUNQUEIRA e AUGUSTO 2017). Essas práticas envolvem a introdução de ninhos ativos e de substratos para nidificação, considerando que essas abelhas podem ser atraídas por ninhos-armadilha (PEREIRA e GAROFALO, 2010; JUNQUEIRA *et al.*, 2013), assim como análises da diversidade e contaminação do alimento larval disponível para essas abelhas em áreas de cultivo.

O Brasil é o principal produtor de maracujá, com uma produção anual estimada em mais de 700.000 ton (EMBRAPA, 2016). Devido a sua susceptibilidade a doenças, o uso de agrotóxicos é intenso nos cultivos de maracujá-amarelo (FISHER e REZENDE, 2008). Dessa forma, o pólen e o néctar das flores do maracujazeiro podem ser uma importante fonte de substâncias tóxicas, como metais pesados, para as abelhas, assim como aplicações realizadas durante o seu período de forrageamento. Nesse contexto, faz-se necessária a ampliação da investigação da presença de metais pesados em sistemas que envolvam espécies do gênero *Xylocopa*, uma vez que o monitoramento da contaminação do pólen presente nas células de cria pode ser uma ferramenta eficiente para verificar a qualidade da matriz de entorno de áreas de cultivos e a ocorrência do uso inadequado de agrotóxicos (LAMBERT *et al.*, 2012; DE OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Estudos que demonstram os efeitos da presença de metais pesados na comunidade de abelhas solitárias são extremamente raros. Entretanto, devido ao declínio dos polinizadores no mundo, tais estudos se tornam fundamentais para compreender os mecanismos que desencadeiam este acontecimento na tentativa de atenuar novas perdas e evitar os impactos negativos nos serviços de polinização. Considerando a importância das espécies de *Xylocopa* para a produção de maracujá-amarelo, a necessidade da determinação de estratégias de enriquecimento ambiental, de acordo com a qualidade das fontes de pólen e o uso intensivo de agrotóxicos no maracujazeiro, o presente estudo teve como objetivos verificar se: (1) existe contaminação do alimento larval de *X. frontalis* por metais pesados em uma reserva ecológica, uma área de cultivo de maracujá-amarelo e uma área urbana; (2) há diferença na contaminação do alimento larval, quanto à concentração de Chumbo, Cromo, Zinco e Níquel, entre essas áreas. Espera-se que concentrações mais altas de metais pesados sejam encontradas no alimento larval das abelhas da área urbana e agrícola do que na área de preservação natural, uma vez que tais elementos fazem parte da composição de diversos agrotóxicos e podem ser dispersos no ar e água.

Materiais e métodos

1. Áreas de estudo

As amostras de alimento larval foram coletadas de ninhos estabelecidos em gomos de bambu disponibilizados em abrigos de abelhas. Esses abrigos foram disponibilizados em três áreas: (i) área de cultivo de maracujá-amarelo, Fazenda Experimental Água Limpa (FEAL), (ii) reserva ecológica, Estação Ecológica do Panga

(EEP) e (iii) área urbana, Instituto de Biologia (IB). Todas as áreas são pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

A Fazenda Experimental Água Limpa (19°05'48" S, 48°21'05" W), corresponde a um sistema misto de áreas naturais (104 ha) e 194,72 ha de pastagens, lavouras e pomares (NETO, 2008). A Estação Ecológica do Panga (19°11'10"S 48°24'35"W) apresenta 409,5 ha de vegetação nativa do bioma Cerrado e está localizada a 35 km de Uberlândia (SCHIAVINI e ARAÚJO, 1989). A área pertence à Universidade Federal de Uberlândia desde 1986 e constitui uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (CARDOSO e SCHIAVINI, 2002) inserida em um mosaico de áreas de cultivo (Figura 1). O Instituto de Biologia (18° 88'30"S/-48°26'50"W) está localizado dentro da área urbana de Uberlândia a 200m da rodovia Br-365 e 550m da rodovia Br-050, ambas de ampla circulação.



Figura 1: Delimitação da Estação Ecológica do Panga, a qual está inserida em uma matriz de áreas agrícolas.

2. Procedimentos

2.1. Obtenção das amostras de alimento larval de *Xylocopa frontalis*

Para a determinação da concentração de metais pesados nas células de cria foram retiradas amostras mensais do alimento larval presente nos ninhos produzidos em cada uma das áreas, no período de outubro de 2016 a julho de 2017. Foi removida de cada ninho todo o alimento larval presente de uma célula de cria utilizando bastões de vidro. O material foi armazenado em potes de plástico *a natura* em um freezer a -18°C.

2.2. Avaliação da contaminação do alimento larval

A concentração de metais pesados no alimento larval foi determinada a partir de amostras retiradas da célula de cria de ninhos mantidos na reserva ecológica, no cultivo de maracujá-amarelo e na área urbana. Para a análise, oito das dezesesseis amostras de alimento larval de ninhos de *X. frontalis* do mesmo período foram agrupadas para atingir 0,5 g, totalizando um $n = 8$ (tabela 1).

Tabela 1: Agrupamento do alimento larval coletados nas diferentes áreas para que se alcançasse o valor de 0,5g para cada amostra.

Amostra	Ninho	Data	Área
1	IB1	21/02/2016	IB
2	IB2	22/02/2016	IB
3	IB3	02/03/2016	IB
4	IB4	06/04/2017	IB
5	EEP1	26/08/2016	EEP
	EEP2	26/08/2016	EEP
	EEP3	07/11/2016	EEP
6	EEP4	07/11/2016	EEP

7	EEP5	20/02/2017	EEP
	EEP6	20/02/2017	EEP
8	FEAL1	26/08/2016	FEAL
	FEAL2	20/02/2017	FEAL

As amostras foram então pesadas e, a elas, foram adicionados 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) ultrapuro a 65% e deixadas em digestão por cerca de 18 h à temperatura de 50°C em bloco digestor. Posteriormente, foi adicionado 5 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30% (Merck, ISO) e as amostras foram deixadas em digestão por cerca de 6 h à temperatura de 35°C em bloco digestor. Após resfriamento, as soluções foram filtradas e completadas com água deionizada até o volume de 12 mL. Os teores de chumbo, cromo, níquel e zinco foram estimados por espectrofotometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES - Agilent-725). Os teores dos metais pesados encontrados foram então comparados com a ocorrência natural de acordo com a literatura.

2.3. Análise estatística

Foi realizado o teste T-student para verificar possíveis diferenças na concentração de cada um dos metais pesados, nas amostras de alimento larval provenientes da EEP e do IB. A FEAL não foi incluída por não haver réplicas. As análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Development Core Team, 2015).

Resultados

Foi verificado em todas as amostras analisadas nas três áreas do estudo a presença de chumbo, cromo, níquel e zinco (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios e amplitude das concentrações de metais pesados em partes por milhão (ppm) avaliados nas três áreas amostradas e amplitude das concentrações de metais pesados em ppm presentes naturalmente no ambiente. A ausência de valores indica que não há ocorrência natural. *não foram encontrados valores de ocorrência natural de acordo com a literatura.

Metal pesado	Concentração (ppm)			Variação da concentração natural (ppm)			
	IB	EEP	FEAL	Águas	Solo	Atmosfera	Referências
Chumbo (Pb)	9,17 (8,32-10,05)	8,97 (7,33-10,55)	7,72	0,03 - 2	>10 - 700		LOVERING, 1976
Cromo (Cr)	19,47 (16,96-22,45)	27,57 (24,2-30,66)	22,28	0,0005 – 0,01	1,04	-	KOTAS e STASICKA, 2000
Níquel (Ni)	8,35 (7,41-9,15)	11,69 (10,92-12,37)	11,80	*	36-66	*	PITA e HYNE, 1974
Zinco (Zn)	34,04 (23,78-50,09)	37,5 (35,55-40,38)	34,04	1 – 3	4 – 50	0,001 – 0,15	BARAŁKIEWICZ e SIEPAK, 1999

Não foram encontradas diferenças significativas quanto ao teor de metais pesados entre IB e EEP para Pb ($t = -0.2243$, $p = 0.8314$) (Figura 2A). Entretanto,

nessas mesmas áreas, houve diferença significativa quanto à presença de Cr ($t = 3.6994$, $p = 0.014$), Ni ($t = 6.0657$, $p = 0.001$) e Zn ($t = 0.4699$, $p = 0.014$) (Figura 2B, C e D). EEP apresentou maiores teores de concentração de metais pesado no alimento larval do que IB. Além disso, os valores encontrados no alimento larval para todos os metais pesados analisados foram superiores aos valores de ocorrência natural referenciados na Tabela 2.

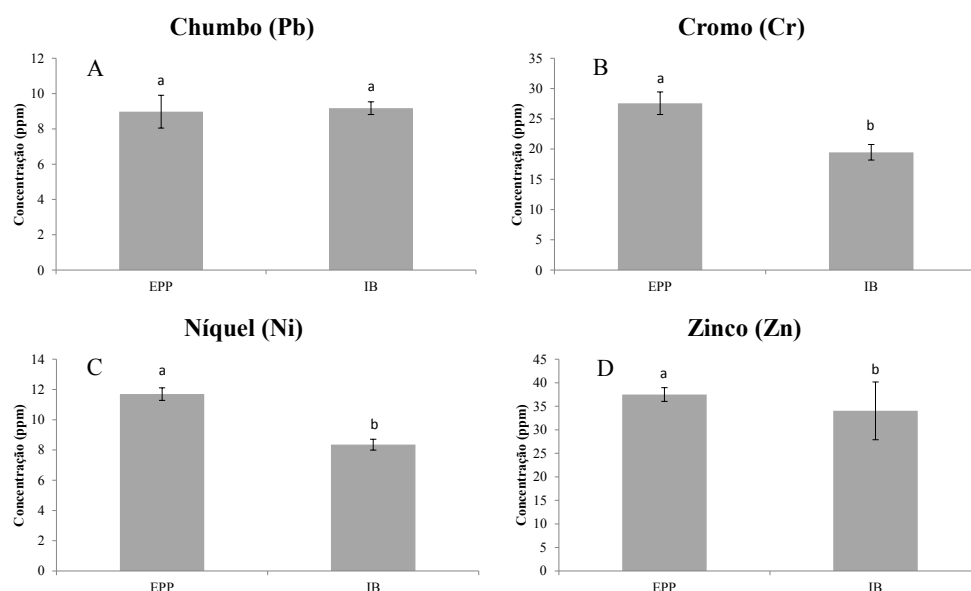


Figura 2: Concentrações médias de Pb, Cr, Ni e Zn obtidos no alimento larval de *Xylocopa frontalis* obtidos nas áreas de estudo EPP e IB. Letras distintas indicam diferenças significativas entre as áreas ($P < 0,05$).

Discussão

No presente estudo, foi verificado a presença de metais pesados no alimento larval de *Xylocopa frontalis* e que há diferenças significativas da concentração desses metais pesados entre a área urbana e a estação ecológica. Na área urbana (IB), a

presença de metais ocorre principalmente devido às emissões veiculares e resíduos industriais (SUN *et al.*, 2010). A expectativa era de que, na reserva natural (EPP) a concentração de metais pesados fosse menor do que nas outras áreas entretanto, por se encontrar no meio de uma matriz de áreas agrícolas (Figura 1), a presença de metais pesados no alimento larval das abelhas nessa área, assim como na área agrícola (FEAL), pode estar relacionado às práticas agrícolas como o uso de corretivos e fertilizantes nas áreas de cultivo do entorno (SUN *et al.*, 2010; SERBULA *et al.*, 2013).

Acredita-se que a poluição por metais pesados afeta as comunidades de abelhas negativamente, por exemplo, por intoxicação e diminuição da abundância e diversidade de abelhas solitárias (PIOLA e JOHNSTON, 2008; MÓRON *et al.*, 2012). A intoxicação crônica por metais pesados pode levar à diminuição nos parâmetros reprodutivos individuais, como o tamanho, desenvolvimento e sobrevivência da prole (WALKER *et al.*, 2012; MÓRON *et al.*, 2013; DI *et al.*, 2016).

A ausência de diferença significativa entre as áreas quanto ao Pb pode ser atribuída ao fato de que esse elemento pode estar presente tanto na área urbana, através de emissões veiculares e resíduos industriais, quanto na área agrícola e reserva ecológica devido à contaminação dos lençóis freáticos e córregos afluentes por produtos agrícolas onde esse metal se encontra (MORTON-BERMEA *et al.*, 2008; SUN *et al.*, 2010; SERBULA *et al.*, 2013; HSU *et al.*, 2016). Concentrações similares às encontradas neste estudo contribuíram negativamente para o crescimento médio das larvas de *Apis mellifera* (DI *et al.*, 2016), enquanto em outro estudo o chumbo demonstrou efeito mínimo nas colmeias desta espécie (HLADUN *et al.*, 2016).

Os valores de Pb encontrados no alimento larval de todas as áreas analisadas foi menor do que em outro estudo com abelhas solitárias onde foi analisado a concentração

de metal pesado presente no alimento larval de *Osmia rufa* em um gradiente de poluição (MÓRON *et al.*, 2012). Porém, a concentração em EEP foi treze vezes maior do que em um estudo realizado em uma reserva natural em que foram analisados adultos de *Apis mellifera* (RUSCHIONI *et al.*, 2013).

Metais pesados como o Cr, Zn e Ni não são metabolizados pelos seres vivos, entretanto, em concentrações moderadas, apresentam funções fisiológicas e bioquímicas no organismo e são chamados de bioelementos (BARAŁKIEWICZ e SIEPAK, 1999). A presença desses elementos no ambiente pode ocorrer tanto devido a processos antropogênicos como naturais. Desta maneira, a concentração mais alta destes elementos na estação ecológica do que na área urbana provavelmente ocorre em consequência à contaminação dos lençóis freáticos por agroquímicos por esta área estar inserida em uma matriz de áreas agrícolas (LJUNG *et al.*, 2006; SERBULA *et al.*, 2013; HSU *et al.*, 2016).

As concentrações de Cr, Zn e Ni encontradas neste estudo são preocupantes. Em outros estudos com alimento larval de abelhas melíferas, mesmo em áreas de alta poluição, a concentração de Cr encontrada foi 27 vezes menor do que na EPP, uma área considerada como de preservação (PERUGINI *et al.*, 2011). Apesar de pouco se saber sobre os efeitos do Cr para as abelhas, a presença de concentrações parecidas às encontradas no alimento larval de *X. frontalis* impactou negativamente no sistema imune de outros invertebrados (WU e YI, 2015). Para o Zn, apesar de não ter sido encontrado uma correlação significativa com a diversidade de *Bombus*, foi observado um impacto negativo direto com a sobrevivência da abelha solitária *Osmia rufa* e uma relação negativa entre poluição e o tamanho da comunidade de abelhas (MÓRON *et al.*, 2012).

O valor da concentração de Ni em todas as áreas deste estudo supera o valor encontrado no alimento larval de *Apis mellifera* em reservas naturais na Itália (RUSCHIONI *et al.*, 2013). A presença de altas concentrações de Ni no néctar das plantas podem reduzir a taxa de visitação de suas flores (MEINDL e ASHMAN, 2013; 2014). Contudo, não há evidências de que existe o mesmo efeito quando este metal pesado é encontrado no pólen. Desta maneira, é possível que a alta concentração de Ni no alimento larval ocorra devido à presença deste metal pesado no pólen coletado pela abelha. Apesar disso, não é possível afirmar se no alimento larval analisado a presença desse elemento seja derivada do pólen ou néctar. Até o presente momento, não há trabalhos que demonstrem os possíveis efeitos do níquel em abelhas.

Conclusão

Apesar dos dados apresentados neste trabalho não permitirem conclusões específicas para a extensão da bioacumulação de metais pesados no ambiente, os mesmos conseguiram demonstrar a capacidade que o alimento larval das abelhas solitárias possui como bioindicador para detectar concentrações de chumbo, cromo, níquel e zinco. A ocorrência de concentrações mais elevadas na área de preservação do que urbana nos faz questionar em estas como as áreas estão realmente contribuindo para a conservação das espécies de abelha e como proteger essas áreas da influência agrícola.

Estudos que demonstram os efeitos da presença de metais pesados na comunidade de abelhas solitárias são extremamente raros. Entretanto, devido ao declínio dos polinizadores no mundo, tais estudos se tornam fundamentais para compreender os mecanismos que desencadeiam este acontecimento na tentativa de atenuar novas perdas e evitar os impactos negativos nos serviços de polinização. As

relações entre abelhas solitárias e plantas são complexas, desta maneira, este estudo enfatiza a necessidade de realizar investigações adicionais sobre comunidades de abelhas em habitats poluídos para o desenvolvimento de estratégias de conservação.

Referências bibliográficas

- BARAŁKIEWICZ, D.; SIEPAK, J. Chromium, nickel and cobalt in environmental samples and existing legal norms. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 8, n. 4, p. 201-208, 1999.
- BIESMEIJER, J. C. *et al.* Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.
- CAMILLO, E. Polinização do maracujá. **Ribeirão Preto: Holos Editora**, p. 44, 2003.
- CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 277-289, 2002.
- CHAVES-ALVES, T. M. *et al.* Recursos ecológicos utilizados por las especies de Xylocopa (Apidae: Xylocopini) en el área urbana. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 37, p. 313-317, 2011.
- CLEMENTS, W. H.; NEWMAN, M. C. Application of multimetric and multivariate approaches in community ecotoxicology. **Community Ecotoxicology**, p. 141-166, 2002.
- DE OLIVEIRA, R. C. *et al.* Bee pollen as a bioindicator of environmental pesticide contamination. **Chemosphere**, v. 163, p. 525-534, 2016.
- DI, N. *et al.* Laboratory bioassays on the impact of cadmium, copper and lead on the development and survival of honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae and foragers. **Chemosphere**, v. 152, p. 530-538, 2016.

- ELMER, W. H.; WHITE, J. C. The use of metallic oxide nanoparticles to enhance growth of tomatoes and eggplants in disease infested soil or soilless medium. **Environmental Science: Nano**, v. 3, n. 5, p. 1072-1079, 2016.
- EMBRAPA. Embrapa mandioca e fruticultura. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/base_de_dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- FISCHER, I. H.; REZENDE, J. A. M. Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). *Pest Technol*, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.
- FREITAS, B. M.; DE OLIVEIRA FILHO, J. H. **Criação racional de mamangavas: para polinização em áreas agrícolas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2001.
- GUPTA, S. *et al.* Effect of wastewater irrigation on vegetables in relation to bioaccumulation of heavy metals and biochemical changes. **Environmental monitoring and assessment**, v. 165, n. 1-4, p. 169-177, 2010.
- HLADUN, K. R. *et al.* Metal contaminant accumulation in the hive: Consequences for whole-colony health and brood production in the honey bee (*Apis mellifera* L.). **Environmental toxicology and chemistry**, v. 35, n. 2, p. 322-329, 2016.
- HSU, L. *et al.* Accumulation of heavy metals and trace elements in fluvial sediments received effluents from traditional and semiconductor industries. **Scientific reports**, v. 6, p. 34250, 2016.
- JUNQUEIRA, C. N. *et al.* Nest management increases pollinator density in passion fruit orchards. **Apidologie**, v. 44, n. 6, p. 729-737, 2013.

- JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 131-140, 2017.
- JUNQUEIRA, C. N.; HOGENDOORN, K.; AUGUSTO, S. C. The use of trap-nests to manage carpenter bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini), pollinators of passion fruit (Passifloraceae: Passiflora edulis f. flavicarpa). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 6, p. 884-889, 2012.
- KIELISZEK, M. *et al.* Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, 2017.
- KLUSER, S; PEDUZZI, P. Global pollinator decline: a literature review. 2007.
- KOTAŚ, J.; STASICKA, Z. Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. **Environmental pollution**, v. 107, n. 3, p. 263-283, 2000.
- LAMBERT, O. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons: bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants. **Chemosphere**, v. 86, n. 1, p. 98-104, 2012.
- LJUNG, K.; OTABBONG, E.; SELINUS, O. Natural and anthropogenic metal inputs to soils in urban Uppsala, Sweden. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 28, n. 4, p. 353-364, 2006.
- LOVERING, T. G. Lead in the environment—summary. Lead in the Environment. **US Department of the Interior, US Government Printing Office, Washington, DC, USA**, p. 1-4, 1976.

- MEINDL, G. A.; ASHMAN, T.. The effects of aluminum and nickel in nectar on the foraging behavior of bumblebees. **Environmental pollution**, v. 177, p. 78-81, 2013.
- MEINDL, G. A.; ASHMAN, Ti. Nickel accumulation by *Streptanthus polygaloides* (Brassicaceae) reduces floral visitation rate. **Journal of chemical ecology**, v. 40, n. 2, p. 128-135, 2014.
- MÓRON, D. *et al.* Abundance and diversity of wild bees along gradients of heavy metal pollution. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, p. 118125, 2012.
- MÓRON, D. *et al.* Survival, reproduction and population growth of the bee pollinator, *Osmia rufa* (Hymenoptera: Megachilidae), along gradients of heavy metal pollution. **Insect conservation and diversity**, v. 7, n. 2, p. 113-121, 2013.
- NETO, P. L. Levantamento planimétrico n 36.243. Prefeitura de Uberlândia, Minas Gerais, 2008.
- NEWMAN, M. C.; CLEMENTS, W. H. **Ecotoxicology: a comprehensive treatment**. CRC Press, 2008.
- NRIAGU, J. O. A history of global metal pollution. **Science**, v. 272, n. 5259, p. 223, 1996.
- O'TOOLE, C; RAW, A. **Bees of the World**. Londres: Blanford, 1991. p. 192.
- OLIVEIRA-SILVA, J. J., ALVES, S. R., MEYER, A., PEREZ, F., SARCINELLI, P. N., MATTOS, R. C. O. C., PEREZ, F., MOREIRA, J. C. Influence of social-economic factors on the pesticide poisoning, Brazil. **Revista Saúde Pública**, v.35, p.130- 5, 2001.

- ORTIZ, F. Um terço dos alimentos consumidos pelos brasileiros está contaminado por agrotóxicos. Disponível em: < [http://www.noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2012/05/01/um-terco-dos -alimentos- consumidos- pelos-brasileiros- esta-contaminado-por-agrotoxicos.htm](http://www.noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2012/05/01/um-terco-dos-alimentos-consumidos-pelos-brasileiros-esta-contaminado-por-agrotoxicos.htm)>. Acesso em: 01 abr. 2018.
- PEREIRA, M.; GARÓFALO, C. A. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 193-209, 2010.
- PERUGINI, M. *et al.* Heavy metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: honeybees as bioindicators. **Biological trace element research**, v. 140, n. 2, p. 170-176, 2011.
- PIOLA, R.F. & JOHNSTON, E.L. Pollution reduces native diversity and increase invader dominance in marine hard-substrate communities. **Diversity and Distribution**, 14, 329–342, 2008.
- PITA, F. W.; HYNE, N. J. The depositional environment of zinc, lead and cadmium in reservoir sediments. **Water Research**, v. 9, n. 8, p. 701-706, 1975.
- POTTS, Simon G. *et al.* Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220, 2016.
- PRADA, P. 2015. Fateful harvest, why Brazil has a big appetite for risky pesticides. <http://www.reuters.com/investigates/special-report/brazil-pesticides/>. Accessed 11 May 2018.

- R Core Team R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2015.
- ROGERS, S. R.; TARPY, D. R.; BURRACK, H. J. Bee species diversity enhances productivity and stability in a perennial crop. **PLoS One**, v. 9, n. 5, p. e97307, 2014.
- ROMAN, A. Concentration of chosen trace elements of toxic properties in bee pollen loads. **Polish Journal of Environmental Studies**. v. 18 n. 2, p.265-272, 2009.
- ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, 1992.
- RUSCHIONI, S. *et al.* Biomonitoring with honeybees of heavy metals and pesticides in nature reserves of the Marche Region (Italy). **Biological trace element research**, v. 154, n. 2, p. 226-233, 2013.
- SANTOS, M. L. A. Pólen coletado por *Apis Mellifera* no diagnóstico da poluição ambiental causada por praguicidas e metais no Brasil. Botucatu: Universidade Estadual Paulista 2005. 89 f. (Tese de Doutorado em Nutrição e Produção Animal).
- SCHIAVINI, I; ARAÚJO, G. M. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). **Sociedade & Natureza**, v. 1, n. 1, p. 61-66, 1989.
- SERBULA, S. M. *et al.* Assessment of airborne heavy metal pollution using *Pinus* spp. and *Tilia* spp. **Aerosol Air Qual Res**, v. 13, n. 2, p. 563-573, 2013.

- SILVEIRA, M. V. *et al.* Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable?. **Scientia horticulturae**, v. 146, p. 99-103, 2012.
- SUN, F. *et al.* Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in needles of Masson pine (*Pinus massoniana* L.) growing nearby different industrial sources. **Journal of Environmental Sciences**, v. 22, n. 7, p. 1006-1013, 2010.
- SZENTGYÖRGYI, H. *et al.* Forewing structure of the solitary bee *Osmia bicornis* developing on heavy metal pollution gradient. **Ecotoxicology**, v. 26, n. 8, p. 1031-1040, 2017.
- VAN DER STEEN, J. J.M; DE KRAKER, J.; GROTENHUIS, T. Spatial and temporal variation of metal concentrations in adult honeybees (*Apis mellifera* L.). **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, n. 7, p. 4119-4126, 2012.
- WALKER, C. H. *et al.* Principals of ecotoxicology: 4. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2012.
- WONG, C. SC; LI, X.; THORNTON, I. Urban environmental geochemistry of trace metals. **Environmental Pollution**, v. 142, n. 1, p. 1-16, 2006.
- WU, G.; YI, Y. Effects of dietary heavy metals on the immune and antioxidant systems of *Galleria mellonella* larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 167, p. 131-139, 2015.