
Análise do pólen apícola como bioindicador ambiental no Distrito Federal-Brasil

Analysis of bee pollen as an environmental bioindicator in the Federal District-Brazil

Andréia Alves Rosa^{1*}, Artur Guerra Rosa¹, João Paulo Guimarães Soares², Ana Maria Resende Junqueira¹, Ivaldo de Sousa Moreira¹, Márcio Antônio Mendonça¹

RESUMO

As abelhas são consideradas os principais agentes polinizadores, devido a grande importância agrônômica e ecológica, sendo altamente suscetíveis às contaminações e poluições ambientais geradas por ações humanas. Dessa forma são utilizadas, atualmente, como bioindicadores ambientais. O objetivo do estudo foi obter um panorama da poluição ambiental através da análise de metais pesados (As, Cd, Cr, Pb, Hg), utilizando ICP-OES para a identificação e quantificação destes metais pesados em pólenes apícolas coletadas de colmeias estrategicamente colocadas próximas a uma indústria localizada no Distrito Federal. Os resultados demonstraram teores de As, Cr, Pb e Hg abaixo do limite de detecção do equipamento. Com exceção de 12 amostras onde foi observado concentrações de Hg e, em sete amostras a presença de Cd, acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira. Conclui-se que na região a região analisada pode haver uma expressiva poluição ambiental pela exposição das abelhas aos metais Hg e Cd, o que pode ocasionar sérios danos tanto à biodiversidade quanto à saúde pública dos moradores daquela região, bem como aos consumidores dos produtos analisados.

Palavras-chave: Abelhas; Polén; Metais pesados; Poluição ambiental; Saúde pública.

ABSTRACT

Bees are considered the main pollinating agents, due to their great agronomic and ecological importance, being highly susceptible to environmental pollution and contamination generated by human actions. Therefore, they are currently used as environmental bioindicators. The objective of the study was to obtain a panorama of environmental pollution through the analysis of heavy metals (As, Cd, Cr, Pb, Hg), using ICP-OES for the identification and quantification of these heavy metals in bee pollens collected from hives strategically placed near an industry located in the Federal District. The results showed levels of As, Cr, Pb and Hg below the detection limit of the equipment. With the exception of 12 samples where Hg concentrations were observed and, in seven samples the presence of Cd, above the maximum limits established by the Brazilian legislation. It can be concluded that in the analyzed region there may be an expressive environmental pollution by the exposure of bees to the metals Hg and Cd, which can cause serious damage to the biodiversity and to the public health of the residents of that region, as well as to the consumers of the analyzed products.

Keywords: Bees; Pollen; Heavy metals; Environmental pollution; Public health.

¹ Universidade de Brasília

*E-mail: arrosalves@gmail.com

² Embrapa Cerrados

INTRODUÇÃO

As mudanças no uso da terra e a poluição contribuem para as mudanças globais, incluindo o aquecimento global (Hubert-Moy, 2012). E, inversamente, o aquecimento global agrava o impacto de outras causas. Observa-se um aumento de eventos climáticos extremos, como incêndios, inundações e secas. São disruptores que afetam a distribuição das espécies, a disponibilidade de recursos por ciclos de dessincronização ou até mesmo o desaparecimento de ecossistemas inteiros (Miget, 2019).

Como a população humana mais que dobrou nos últimos 50 anos, o consumo de recursos e energia também aumentou inevitavelmente, mudando o uso da terra: as culturas alimentares triplicaram, a floresta foi reduzida para 68% do que era na era pré-industrial e a área urbana dobrou desde 1992 (Hubert-Moy, 2012; Miget, 2019).

Cinco mudanças principais estão diretamente ligadas à perda generalizada de biodiversidade e influenciam umas às outras: a modificação do uso da terra, o uso direto de organismos, poluição, mudanças climáticas e a introdução de espécies não nativas (European Parliament, 2020; Miget, 2019). Essas cinco mudanças são influenciadas ou causadas por fatores, vários deles, atribuídos à ação antrópica.

A poluição, particularmente pela liberação de nitrogênio e fósforo, é um fator importante na diminuição da biodiversidade levando a uma disfunção dos ecossistemas. A liberação desses elementos em grande quantidade na atmosfera e na água vem de diversos setores, sendo os mais impactantes os da indústria, transporte e agricultura. Além disso, a poluição proveniente da expansão das indústrias e de pesticidas sintéticos está ligada diretamente à intensificação da agricultura. Certos fatores biológicos, incluindo patógenos e espécies introduzidas (exemplo: o ácaro *Varroa destructor*, a primeira ameaça biológica às colônias de abelhas no mundo) e, finalmente, as mudanças climáticas (Sánchez-Bayo and Wyckhuys, 2019).

Esse fato tem levantado grande preocupação em relação à biodiversidade e a sustentabilidade do meio ambiente. A poluição produzida por indústrias é um fator que gera muitas discussões, dentre elas, a relação entre a localização das unidades produtoras e a população residente nas proximidades das mesmas, o que ocasiona severos impactos sócio-ambientais (Chaves et al., 2014). As indústrias, alertam Agrawal and Agrawal (1999) apud (Epifânio et al., 2012), emitem diversos poluentes, como partículas, líquidos e gases para a atmosfera. Esses compostos, reforçam os autores, sofrem diferentes

transformações (físicas, químicas e fotoquímicas), dispersam-se por longas distâncias, dependendo o seu destino final de condições topográficas e meteorológicas. Segundo Adriano (1992) apud Epifânio (2012), para metaloides como o As, Hg e Se o transporte na fase gasosa assume maior relevância, enquanto metais menos voláteis como o Pb, Mn e Zn são transportados na fase sólida (sob a forma de partículas). Os poluentes, e em particular os metais pesados, podem depositar-se diretamente em insetos polinizadores, como as abelhas, ou contaminá-las indiretamente através do néctar, do pólen, da melada ou da água ingerida (Porrini et al., 2003; Perugini et al., 2010).

Os insetos polinizadores estão envolvidos na reprodução de mais da metade das angiospermas selvagens e cultivadas no mundo (Marchal, 2019). Este considerável serviço prestado, ressalta a autora, além de contribuir para o rendimento e a qualidade de determinadas produções vegetais, assegura a sobrevivência de muitas plantas e, assim, permite manter a biodiversidade e assegurar o equilíbrio dos ecossistemas.

As abelhas são as principais polinizadoras da maioria dos ecossistemas do planeta. Voando de flor em flor, elas polinizam e promovem a reprodução de diversas espécies de plantas. No Brasil, das 141 espécies de plantas cultivadas para alimentação humana e produção animal, cerca de 60% dependem em certo grau da polinização deste inseto. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), 75% dos cultivos destinados à alimentação humana no mundo dependem das abelhas (Grigor, 2019).

Existem cerca de 20 mil espécies de abelhas no mundo. No Brasil, estima-se a existência de cerca de inúmeras espécies (Grigori, 2019) distribuídas em diversas formações vegetais (Barroso et al., 1984). Em todo o país, há cerca de 1,6 mil espécies de abelhas (Oure, 2007). A grande maioria, são espécies de abelhas nativas meliponíneos, abelhas com o ferrão atrofiado.

As abelhas participam do crescimento de mais de 20.000 espécies diferentes de plantas (Brodhag, 2004). São, portanto, agentes essenciais para a diversidade vegetal, o que representa um dos importantes indicadores da qualidade do meio ambiente. Sem saber, a abelha desempenha um papel vital para os ecossistemas dos quais os seres humanos dependem.

Essa diversidade, porém, está ameaçada e coloca em risco a reprodução das plantas com flores, a produção agrícola, o equilíbrio ambiental, a conservação da nossa biodiversidade e o nosso bem-estar (EMBRAPA, 2022). Esta ameaça está diretamente

associada ao desaparecimento das abelhas. O levantamento realizado pela Agência Pública e Repórter Brasil, aponta que somente em três meses, meio bilhão de abelhas foram encontradas mortas em quatro estados brasileiros (Aragaki, 2019; Grigori, 2019). O principal causador, revelam as análises laboratoriais, é o contato com agrotóxicos à base de neonicotinoides e de Fipronil, produto proibido na Europa há mais de uma década. Esses ingredientes ativos são inseticidas, fatais para insetos, como é o caso da abelha, e quando aplicados por pulverização aérea se espalham pelo ambiente (Grigori, 2019). Segundo o professor Tiago Maurício Fracoy, do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da USP, a morte das abelhas provavelmente é maior do que apenas meio bilhão em três meses, porque quem está fazendo essa conta de quantas abelhas morreram são os apicultores, é quem vai todo dia à colmeia e vê que a abelha morreu. Porém, o que acontece é que nós temos ainda uma diversidade de abelhas nativas, tanto sociais quanto solitárias, que estão morrendo silenciosamente, sem ninguém se dar conta, por viverem em matas ou entornos (Aragaki, 2019).

Portanto, o aumento exponencial do uso de produtos químicos nas últimas décadas é apontado como uma das principais causas da diminuição dos agentes polinizadores e uma crescente ameaça global aos demais organismos vivos (Jardim et al., 2018). Esses produtos são constituídos também, em grande parte, por compostos tóxicos tanto ao meio ambiente, quanto à saúde pública, quando em concentrações muito elevadas ou a frequentes exposições ao produto tóxico, mesmo em doses muito baixas (Monchani, 2021), como é o caso dos metais pesados Chumbo (Pb), Mercúrio (Hg), Cádmio (Cd), Arsênio (As) e Cromo (Cr), dentre outros. Eles são encontrados em uma grande variedade de produtos, como fertilizantes, pesticidas, águas e alimentos contaminados, queimadas, processo de combustão, poluições urbanas e industriais (Della Rosa et al., 2003; Coultate, 2004). Dentre todos eles, o chumbo é um dos contaminantes mais comuns e o cromo é o de maior interesse pelos pesquisadores.

Além disso, as interações entre esses diferentes fatores também são prováveis (Potts et al., 2010). Por exemplo, o estresse nutricional, devido à falta de recursos florais ou sua baixa qualidade, pode reduzir a tolerância das abelhas a pesticidas e doenças (Nicolson, 2011; Roger et al., 2017).

Fato esse, ressaltam Conti and Botrè (2001) e Perugini et al. (2010), que qualifica as abelhas e seus produtos como excelentes bioindicadores da poluição ambiental, uma

vez que esses insetos percorrem grandes extensões e podem ser contaminados com esses elementos traços e demais poluentes, durante a coleta do pólen, levando para o interior da colmeia, alterando a composição dos produtos e, a partir da quantificação desses poluentes nos produtos apícolas, pode-se ter uma visão do grau de contaminação daquela região (Oliveira et al., 2018).

Diante do exposto, faz-se necessário um monitoramento das regiões onde estão localizadas as indústrias, a fim de minimizar o impacto frente ao meio ambiente e a saúde pública. E, uma das formas, atualmente utilizadas, segundo Rissato et al. (2006) é a utilização de abelhas e dos produtos apícolas como bioindicadores da poluição ambiental (Oliveira et al., 2018).

Deve-se levar em consideração, portanto, a situação dos apicultores frente aos tipos de componentes poluidores que podem estar presentes na colmeia ou ao redor dela, assim como a origem e a forma de contaminação dos produtos apícolas produzidos naquela região. E, apesar da presença desses metais pesados no ambiente, é notório que há pouca ou nenhuma informação sobre seus efeitos nos insetos polinizadores.

Na perspectiva de um novo paradigma, que se caracteriza por uma abordagem sustentável e uso de práticas preocupadas com a preservação socioecológica é legítimo colocar as seguintes questões: Será a preservação das abelhas compatível com o avanço das indústrias de exploração mineral e ao uso intensivo de agrotóxicos na agricultura? A nova ciência da Agroecologia e os sistemas de cultivo que seguem seus princípios, como os sistemas orgânico e agroflorestal, seriam o caminho para essa preservação?

Neste sentido, o estudo teve como objetivo analisar aspectos da poluição ambiental através da presença de metais pesados em pólen transportados por abelhas *Apis mellifera* L.

METODOLOGIA

O experimento utilizou cinco colmeias localizadas em pontos estratégicos, próximos a uma indústria no Distrito Federal, Brasil. Foram realizadas duas coletas anuais, durante 24 meses, nos anos de 2018 e 2019, totalizando 20 amostras de pólen apícolas. As amostras de pólen foram desidratadas e acondicionadas em recipientes âmbar e encaminhadas para o Laboratório de Química de Plantas da Embrapa Cerrados

(Planaltina – DF). As análises foram realizadas em triplicata para maior confiabilidade dos resultados, sendo que as amostras foram completamente mineralizadas em chapa aquecedora e digeridas por via úmida nítrico-perclórica em forno microondas e, posteriormente, foi realizada a identificação e quantificação dos metais pesados Arsênio (As), Cádmiio (Cd), Cromo (Cr) e Chumbo (Pb), utilizando o equipamento Espectrometria de Absorção Atômica com Plasma Acoplado (ICP-OES), modelo Optima DV 4300 (Perkin Elmer EUA) segundo metodologia preconizada por Mendes et al. (2006) e *Association of Official Analytical Chemistry* (AOAC, 1995), tendo como padrão a Instrução Normativa (IN) N° 88 de 26 de março de 2021 (BRASIL, 2021). Após o experimento as colmeias utilizadas foram destruídas, uma vez que foram colocadas nas proximidades da indústria apenas para a realização da análise ambiental naquela região.

RESULTADOS

As análises revelaram que, dentre as 20 amostras de pólen desidratados analisadas, todas apresentaram teores de Arsênio (As), Cromo (Cr) e Mercúrio (Hg) abaixo do limite de detecção do equipamento, sendo que os valores preconizados como limites máximos para esses elementos, no mel (uma vez que não há na legislação valores para pólen apícola) segundo a IN N° 88 (BRASIL, 2021) são respectivamente (mg.kg^{-1}), 0,10 e 0,30; sendo que para Hg, não há valores descritos (Tabela 1).

Tabela 1. Análises de metais pesados em amostras de pólen desidratadas em ICP-OES (mg.kg^{-1})

Amostra	Arsênio (As)	Cromo (Cr)	Mercúrio (Hg)	Chumbo (Pb)	Cádmiio (Cd)
C1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,42	<LOQ
C2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,39	<LOQ
CE	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,33	<LOQ
C4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,41	<LOQ
C5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,09
C6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,33	0,14
C7	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,11
C8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,16
C9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,31	<LOQ
C10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,08
C11	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,33	0,15
C12	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,43	<LOQ
C13	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,46	<LOQ

Amostra	Arsênio (As)	Cromo (Cr)	Mercúrio (Hg)	Chumbo (Pb)	Cádmio (Cd)
C14	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,08
C15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,31	0,16
C16	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,11
C17	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
C18	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,45	<LOQ
C19	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
C20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,43	0,12
LOD	0,01	0,01	0,0005	0,01	0,01
LOQ	1,97	1,98	0,0017	1,2	1,63
R ²	0,999	0,998	0,998	0,999	0,998

LOD: limite de detecção; LOQ: limite de quantificação; R²: coeficiente de determinação.

Foram encontrados Chumbo em 12 amostras e Cádmio em 7, sendo que os valores encontrados estavam acima dos limites máximos estabelecidos em mg.kg⁻¹ (0,30 e 0,10 respectivamente) pela legislação do mel, uma vez que, para esses elementos, também não há limites determinados para o pólen apícola, conforme Oliveira, (2017).

Na literatura acadêmica, tanto nacional quanto internacional, a utilização do pólen apícola (assim como de outros produtos apícolas) como bioindicadores ambientais, vem sendo um tema de bastante interesse entre os pesquisadores. Dentre eles, Paulo et al. (2012), observaram em amostras de pólen de Portugal, concentrações de Cd (30%), Cr (10%) e Pb (20%) em desacordo com legislação daquele país. Em contrapartida, estudos realizados por Alves et al. (2011) em pólenes do Ceará e do Rio Grande do Sul (As, Cd, Pb, Hg), Junqueira et al. (2018), em pólenes de Uberlândia (Pb), não foram observadas concentrações em desacordo com a legislação brasileira vigente.

Outros autores como Formicki et al. (2013), observaram a ausência de Cádmio em amostras de pólenes provenientes de oito apiários na Polônia. No entanto, nesta mesma pesquisa, estes autores encontraram teores médios de Chumbo, na faixa compreendida entre 0,124 a 0,249 mg.kg⁻¹, concentrações acima dos valores preconizados pela legislação daquele país.

Lambert et al. (2012), identificaram a presença de Chumbo em pólenes (média 0,24 mg.kg⁻¹) em 16 apiários na França. Al Naggar et al (2013), quantificaram Cd (1,38 mg.Kg⁻¹) e Pb (14,23 mg.Kg⁻¹) em amostras de pólen apícola no Egito. Altunatmaz et al. (2017) observaram um intervalo, em mg.kg⁻¹, de Cr (0,124-1,595); Cd (0,006-0,181); Pb (0,000 – 0,479); As (0,006 – 1,035), em 24 amostras de pólen na Turquia. Silva et al. (2012), região de Teresina (PI); observaram Pb dentro dos padrões (0,0013 a 0,0018 mg.kg⁻¹) em

amostras de pólen. Gutiérrez et al. (2014), na Venezuela, observaram Pb (0,198 – 0,288 mg.kg⁻¹) em 96 amostras analisadas. Temize et al. (2018), em estudos realizados na Turquia, determinaram a presença de Cr (0,201 – 0,537 mg.kg⁻¹); As (6,100 – 8,507 mg.kg⁻¹) em sete amostras e, Pb (0,572 – 0,103 mg.kg⁻¹) em duas amostras de pólen daquele mesmo país. Estudos realizados por Seker et al. (2022), também na Turquia, observaram dentre as 25 amostras analisadas, a presença (mínimo-máximo, mg/kg de pólen desidratado), dos metais Cr (1,05 – 6,81); As (1,22 – 2,65); Cd (0,05 – 0,74); Pb (0,00 – 0,26).

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que na região onde está localizada a indústria, há, possivelmente, uma expressiva poluição ambiental exposição contínua a doses de metais pesados, como Chumbo, Cádmio, que, conseqüentemente, pode causar alterações no comportamento e no desenvolvimento das abelhas, impactando potencialmente esses insetos, o que pode ocasionar sérios danos tanto à biodiversidade quanto à saúde pública dos moradores daquela região, bem como aos consumidores dos produtos analisados.

De maneira mais geral, o estudo aponta a urgência na implementação de pesquisa com vistas a uma melhor avaliação da contaminação das abelhas e de seus produtos apícolas por resíduos de metais pesados, o que pode comprometer sua sobrevivência e, conseqüentemente, alterar a configuração e o funcionamento dos ecossistemas e a manutenção da biodiversidade.

Em termos de perspectiva, é de suma importância, que haja um monitoramento ambiental por parte dos órgãos públicos nas áreas socioeconômicas, ambientais e saúde pública. Ações como pesquisas relacionadas às áreas próximas a indústrias, são de suma importância, uma vez que não há registros na literatura de estudos direcionados ao monitoramento ambiental em regiões circunvizinhas a complexos industriais.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, S. B.; AGRAWAL, M. Environmental pollution and plant responses (First Edition). Lewis Publishers, 1999.

AL NAGGAR, Y. A.; NAIEM, E. S. A.; SEIF, A. I.; MONA, M. H. Honey bees and their products as a bio-in-dicator of environmental pollution with heavy metals. *Mellifera*, v. 13, p. 1-20, 2013.

ALTUNATMAZ, S. S.; TARHAN, D.; AKSU, F.; BARUTÇU, U. B.; OR, M. E. Mineral element and heavy metal (cadmium, lead and arsenic) levels of bee pollen in Turkey. *Food Science and Technology*, v. 37, p. 136-141, 2017.

ALVES, P. F.; GARCIA, M. M. L.; MACEDO, A. S.; LIBERATO, M. C. T. C.; MAGALHÃES, C. E. C. Estudo comparativo de metais e minerais de amostras de pólen apícola produzidos no Ceará e no Rio Grande do Sul. 51º Congresso Brasileiro de Química. Meio Ambiente e Energia. Associação Brasileira de Química. São Luis – MA. 2011.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington: AOAC, 500p.

ARAGAKI, C. Morte de meio bilhão de abelhas é consequência de agrotóxicos. *Jornal da USP*, 2019.

Barroso, G. M.; Peixoto, A. L.; Ichaso, C. L. F.; Guimarães, E. F.; Costa, C. G.; Lima, H. C. *Sistemática de Angiospermas do Brasil*, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, v. 2, 1984.

BAYIR, H.; AYGUN, A. Heavy metal in honey bees, honey, and pollen produced in rural and urban areas of Konya province in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 1-10, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa (IN) Nº 88, de 26 de março de 2021. *Diário Oficial da União*, Brasília.

BRODHAG, C. Les abeilles butineuses assurent un service écologique, *Documents, articles*, 2004.

CHAVES, W. A. C.; MORAIS, V.; OLIVEIRA, P. C.; EVANGELISTA, W. L. VII Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG Campus Bambuí. VII Jornada Científica, Análise de indústrias cimenteiras e seus impactos socioambientais, 2014.

COULTATE, T. P. Alimentos: a química de seus componentes. Third Edition, Artmed, Porto Alegre, p. 368, 2004.

DELLA ROSA, H. V.; SIQUEIRA, M. E. P. B.; COLACIOPPO, S. Monitorização Ambiental e Biológica. In: OGA, Seizi. Fundamentos de Toxicologia. Second Edition. Atheneu, São Paulo, p. 145-161, 2003.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Abelhas Nativas, 2022.

European Parliament. Biodiversity loss : What is causing it and why is it a concern? 2020.

FORMICKI, G.; GREŃ, A.; STAWARZ, R.; ZYŚK, B.; GAŁ, A. Metal Content in Honey, Propolis, Wax, and Bee Pollen and Implications for Metal Pollution Monitoring. Polish Journal of Environmental Studies, v. 22, n. 1, 2013.

GRIGORI, P. Apicultores brasileiros encontram meio bilhão de abelhas mortas em três meses. Agência Pública/Repórter Brasil, 2019.

GUTIÉRREZ P, L. V.; BONIVE, F. T.; PAZ, P. L. A.; VIELMA, J. R.; CARRERO, P. E.; DELGADO C, Y. J.; VIT, P. Uso del polen apícola como bioindicador ambiental en la determinación de plomo en el municipio Antonio Pinto Salinas, del estado Mérida-Venezuela. Revista Del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, v. 45, n. 1, p. 191-210, 2014.

HUBERT-MOY, L. Les changements d'occupation des sols, une variable clé du changement global. Université Virtuelle Environnement & Développement Durable, 2012.

JARDIM, M. A. G.; MARTINS, M. B. Reflexões em Biologia da Conservação. Coleção Adolpho Ducke. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, 186p, 2018.

JUNQUEIRA, C. N. J.; SILVA, J. R.; CUNHA, P. F.; OLIVEIRA, L. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H.; QUEIROZ, D. S. Avaliação de contaminação por metais pesados em indivíduos de *Melipona quadrifasciata* (Meliponini) e em suas matrizes associadas (mel,

pólen e resina). 58° Congresso Brasileiro de Química: Química, Sociedade e Qualidade de Vida. Associação Brasileira de Química. São Luís – MA, 2018.

LAMBERT, O.; PIROUX, M.; PUYO, S.; THORIN, C.; LARHANTEC, M.; DELBAC, F.; POULIQUEN, H. Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination. *Environmental Pollution*, v. 170, p. 254-259, 2012.

MENDES, T. M. F. F.; BACCAN, S. N.; CADORES, S. Sample treatment procedures for the determination of mineral constituents in honey by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. *Journal Brazilian Chemical Society*. São Paulo, v. 17, n. 1, 2006.

MIGET, V. Déclin de la biodiversité : Des causes bien identifiées. *Journal de l'environnement*, 2019.

MONCHANIN, C. La pollution au plomb, même à très faible dose, nuit à l'apprentissage des abeilles, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), 2021.

OLIVEIRA, F. A. Elementos químicos determinados em mel e pólen de abelha nativa brasileira como bioindicador de origem natural e de poluição ambiental no Quadrilátero Ferrífero - MG Ouro Preto, Brasil. 2017. Doctoral Thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. *Contribuições às ciências da terra*, v. 76, 138p.

OIVEIRA, K. M. G.; NAGASHIMA, L. A. Análise dos elementos metálicos no mel como uma ferramenta para o monitoramento ambiental. *Ambiência Guarapuava*, v.14, n. 1, p. 203-211, 2018.

OURE, J. M.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. *Sociedade Brasileira de Entomologia*, Curitiba, Brasil, p. 1.058, 2007.

PAULO, L.; ANTUNES, P.; CAMPOS, M. G.; ANJOS, O. Utilização do teor em metais pesados no pólen como marcador ambiental: estudo preliminar. In *Congresso Ibérico de Apicultura*, Guadalajara, v. 2, p. 75-76, 2012.

PERUGINI, M.; MANERA, M.; GROTTA, L.; ABETE, M. C.; TARASCO, R.; AMORENA, M. Heavy metal (Hg, Cr, Cd and Pb) contamination in urban areas and

wildlife reserves: honeybees as bioindicators. *Biological Trace Element Research*, v, 140, (2), pp. 170-176, 2010.

RISSATO, S. R.; GALHIANE, M. S.; KNOLL, F. R. N.; ANDRADE, R. M. B.; ALMEIDA, M. V. Método multirresíduo para monitoramento da contaminação ambiental de pesticidas na região de Bauru (SP) usando o mel de abelhas como bioindicador. *Química Nova*, v. 29, n. 5, p. 950-955, 2006.

SATTLER, J. A. G.; DE-MELO, A. A. M.; NASCIMENTO, K. S. D.; MELO, I. L. P. D.; MANCINI-FILHO, J.; SATTLER, A.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D. Essential minerals and inorganic contaminants (barium, cadmium, lithium, lead and vanadium) in dried bee pollen produced in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Food Science and Technology*, v. 36, pp. 505-509, 2016.

ŞEKER, M. E.; ERDOĞAN, A.; KORKMAZ, S. D.; KÜPLÜLÜ, Ö. Bee pollens as biological indicators: An ecological assessment of pollution in Northern Turkey via ICP-MS and XPS analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 24, p. 36161-36169, 2022.

SILVA, A. S.; ARAÚJO, S. B., SOUZA, D. C.; SILVA, F. A. S. Study of the Cu, Mn, Pb and Zn dynamics in soil, plants and bee pollen from the region of Teresina (PI), Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 84, pp. 881-889, 2012.

EPIFÂNIO, A. F. R. Determinação de metais pesados em mel nacional por espectrometria de absorção atômica. *Masters Dissertation*, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

TEMIZER, İ. K.; GÜDER, A.; TEMEL, F. A.; AVCI, E. A comparison of the antioxidant activities and biomonitoring of heavy metals by pollen in the urban environments. *Environmental monitoring and assessment*, v. 190, n. 8, p. 1-12, 2018.

CONTI, M. E.; BOTRÈ, F. 2001. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 69, p. 267–282, 2011.

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

POTTIS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 2, p. 345-353, 2010.

NICOLSON, S. W. Bee food: The chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *African Zoology*, v. 46, n. 2, p. 197-204, 2011.

ROGER, N.; MICHEZ, D.; WATTIEZ, R.; SHERIDAN, C.; Vanderplanck, M. Diet effects on bumblebee health. *Journal of Insect Physiology*, v. 96, p. 128-133, 2017.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. *Biological Conservation*, v. 232, p. 8-27, 2019.

ADRIANO, D. C. (Ed.). *Biogeochemistry of Trace Metals: Advances In Trace Substances Research*. CRC Press, 2017.