

## **Os herbicidas a base de glifosato têm algo a ver com a diminuição do número de abelhas?**

Márcia Regina Faima<sup>1\*</sup>; Rubens Onofre Nodari<sup>1</sup>; Mayara Martins Cardozo<sup>1</sup>; Adriana Chaves<sup>2</sup>.

1. Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina.
2. Graduação em Agronomia Universidade Federal de Santa Catarina.

\*Autor para contato: marciaregina.bio@gmail.com

### **Introdução**

As abelhas foram consideradas insubstituíveis quando comparadas a outros animais. Esta conclusão foi obtida no debate público entre cientistas em 2008, após a argumentação do Dr. George McGavin. Mesmo com esta crucial advertência, as abelhas vêm apresentando redução gradativa em suas populações, o que pode comprometer os serviços de polinização em ecossistemas naturais e agrícolas. Desde o surgimento da “Desordem do Colapso das Colônias” (DCC) em 2006, encontrar explicações aceitáveis para a morte das abelhas tornou-se um desafio para a comunidade científica. Neste sentido, foram desenvolvidos muitos trabalhos e, atualmente, sabe-se que a mortalidade crescente de abelhas não é provocada por um único fator. As causas incluem o desmatamento, mudanças climáticas, carência nutricional, doenças e, em especial, os agrotóxicos.

### **Efeitos maléficos de agrotóxicos sobre abelhas**

Não há dúvidas sobre os malefícios que os agrotóxicos causam às abelhas, principalmente tratando-se de inseticidas, cujo princípio ativo tem o objetivo de matar insetos. Um fato claro são os episódios recentes que culminaram com a mortalidade de mais de 500 milhões de abelhas nos estados do Sul do Brasil, que tiveram como causa a toxicidade de inseticidas a base de fipronil. A propósito, estudos feitos por Zaluski et al. (2017) já haviam constatado alterações nítidas nas glândulas mandibulares e hipofaríngeas de abelhas nutrizas, expostas durante seis dias a baixas doses de fipronil e piraclostrobina. Os efeitos de doses subletais de inseticidas sobre os polinizadores evidenciam, em longo prazo, comprometimento no desempenho e a viabilidade das colmeias, sendo observadas diferenças no crescimento, fecundidade, longevidade, comportamento (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007), na atividade forrageamento e capacidade de encontrar o caminho de volta para a colmeia (DECOURTYE *et al.*, 2004), quantidade de cria produzida, diminuição da enxameação na primavera e dificuldade em repor a rainha (SANDROCK *et al.*, 2014). Existe ainda evidências de que as abelhas fiquem mais suscetíveis ao ataque de doenças e pragas, além de diminuir a produção de cera e mel (KRUPKE; LONG, 2015). De acordo com Pettis e colaboradores (2013), a ingestão de pólen contaminado com misturas de pesticidas e

fungicidas causa a perda de resistência ao parasita *Nosema ceranae*, relacionado a DCC (HIGES *et al.*, 2008) o que denota alterações na fisiologia e/ou imunidade dos insetos expostos à doses subletais de agrotóxicos (SÁNCHEZ-BAYO *et al.*, 2016). Mas todos estes alertas científicos não têm sido suficientes para autoridades e agricultores tomarem medidas preventivas.

### **Resíduos de agrotóxicos e glifosato em produtos da colmeia**

Os herbicidas são substâncias químicas citotóxicas, utilizadas para inibir o crescimento ou causar a morte de plantas indesejáveis em uma determinada área. Atualmente, quase a metade do total de agrotóxicos comercializada no país é de herbicidas. Entre eles estão os herbicidas a base de glifosato (HBG), um dos herbicidas mais usados no Brasil e mundo.

A utilização crescente de HBG faz com que tanto o princípio ativo, glifosato, como seu principal metabólito, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), esteja presente nas plantas, solo, subsolo, ar e na água.

Herbicidas aplicados em culturas agrícolas e em atividades de jardinagem ou margens de rodovias, causam prejuízos severos às populações de abelhas de forma lenta e silenciosa, seja pela redução de alimento disponível ou pela toxicidade que possuem. Produtos formulados a base de glifosato dificilmente são avaliados quanto aos riscos que oferecem para polinizadores, possivelmente por não serem formulados para matar insetos. Os testes realizados em abelhas para liberação de agrotóxicos, consideram apenas os efeitos do produto de modo individual, não permitindo estimar os prejuízos que podem causar à colmeia. Por serem insetos sociais, as abelhas apresentam uma delicada organização que se não permanecer estável, pode comprometer a sobrevivência da colônia.

A exposição das abelhas aos agrotóxicos normalmente ocorre através da ingestão de resíduos encontrados no pólen e néctar de plantas cultivadas ou das ervas daninhas que são levados pelas abelhas forrageiras e permanecem armazenados no interior das colmeias por algum tempo (SANCHEZ-BAYO; GOKA, 2014). Também pode ocorrer pela contaminação da água que as abelhas consomem para manter sua temperatura corporal sob controle. Além disso, os agrotóxicos não permanecem estáticos nos locais onde são aplicados, podendo ser carregado por diferentes vias para locais distantes de onde foram inicialmente depositados. Este fato nunca foi adequadamente levado em conta pelas agências regulatórias, nem pela maioria da comunidade científica ou pelos técnicos no setor agrícola.

Análises de multiresíduos realizadas por pesquisadores de diferentes países identificaram a presença de agrotóxicos tanto em abelhas quanto em pólen apícola e mel (KILJANEK *et al.*, 2016; MITCHELL *et al.*, 2017). Trabalhos que avaliam especificamente a presença de glifosato e seu metabólito AMPA são escassos, mesmo os HBG sendo os mais utilizados em todo o mundo. Além disso, rastrear a presença de glifosato ou AMPA requer uma análise separada e dispendiosa (TRAYNOR *et al.*, 2016). Pesquisadores do Reino Unido avaliaram néctar e pólen de flores amostradas no primeiro e quarto dia após a pulverização do herbicida e encontraram resíduos de glifosato tanto no néctar quanto no pólen. É importante destacar que a concentração que eles encontraram no pólen foi pelo menos 10 vezes maior do que no néctar. Também no mel vários estudos encontraram concentrações de glifosato acima do limite máximo permitido na maioria das amostras avaliadas (PAREJA *et al.*, 2019).

Estes estudos demonstram o real cenário de contaminação das colmeias e dos produtos apícolas. Ainda que avaliações residuais em própolis e geleia real sejam escassos,

compreende-se que a quantidade crescente de xenobióticos aos quais as abelhas estão expostas não representa apenas riscos para a saúde das abelhas, mas também para os consumidores dos produtos apícolas, em particular os humanos.

É importante considerar ainda que as formulações comerciais dos agrotóxicos apresentam ingredientes, impropriamente denominados de inertes, que podem ser ainda mais tóxicos quando comparados ao princípio ativo isolado destes produtos, como acontece com os herbicidas a base de glifosato (MESNAGE; BERNAY; SÉRALINI, 2012). Alguns destes ingredientes inertes (conservantes, adjuvantes ou componentes estabilizadores) também podem ter efeitos tóxicos sobre abelhas, contribuindo para a diminuição da saúde de suas populações e prejudicando seu desempenho de aprendizagem (MULLIN *et al.*, 2016).

### **Efeitos dos herbicidas a base de glifosato em abelhas**

Estudos específicos sobre o modo de ação dos herbicidas a base de glifosato em abelhas são escassos. As pesquisas realizadas são recentes e, até o momento, indicam que as abelhas podem ser prejudicadas de diferentes modos por este herbicida.

Usando *Apis mellifera* em seus trabalhos, pesquisadores do Canadá verificaram que o glifosato promove diminuição nos níveis de proteína, sugerindo que alterações metabólicas ocorreram devido ao efeito da exposição ao herbicida (HELMER *et al.*, 2015). Outras observações foram feitas por estes mesmos pesquisadores, como a diminuição dos níveis de  $\beta$ -caroteno, que pode ser resultante do efeito estimulador deste herbicida sobre a atividade de enzimas ligadas a absorção, metabolização e isomeração de carotenoides. Outro estudo constatou que a mistura de herbicidas a base de atrazina e de glifosato causou aumento significativo (30 a 40%) nos níveis de peroxidação lipídica em relação aos valores do grupo controle (JUMARIE; ARAS; BOILY, 2017). A peroxidação por sua vez causa a degradação dos ácidos graxos que são componentes de membranas celulares, ou seja, ocorrem danos irreversíveis nas membranas celulares.

Na Argentina, estudos realizados com operárias adultas de *A. mellifera* expostas a alimentação experimental contendo glifosato, apresentaram redução da sensibilidade à sacarose, prejuízos na aprendizagem e dificuldades em estabelecer memórias associativas (HERBERT *et al.*, 2014). Estas alterações observadas interferem no comportamento de forrageamento das abelhas (BALBUENA *et al.*, 2015), tornando ineficaz a coleta de recursos para a colmeia, comprometendo assim sua sobrevivência.

Em estudo divulgado no ano passado, pesquisadores do Texas descobriram que o glifosato afeta a composição da microbiota intestinal da abelha e que a suscetibilidade das bactérias dentro desta comunidade de microrganismos é variável, sendo alguns mais sensíveis do que outros. Como os simbioses intestinais das abelhas afetam o desenvolvimento, a nutrição e a defesa delas contra inimigos naturais, as perturbações dessas comunidades intestinais podem ser um fator que torna as abelhas mais suscetíveis a estressores ambientais, incluindo má nutrição e patógenos (MOTTA; RAYMANN; MORAN, 2018).

Pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC ligados ao Núcleo de Estudos em Abelhas, Produtos Apícolas e Polinização -NEAP (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/470137>), também têm se dedicando a estudar os efeitos

de herbicidas a base glifosato em abelhas. Os trabalhos são desenvolvidos utilizando-se formulações de Roundup® fornecido em doses subletais junto ao alimento de colmeias de abelhas africanizadas. Durante os experimentos, que foram acompanhados por pelo menos quatro meses durante a primavera e verão, foi observado redução na população total da colmeia, ausência frequente de rainhas e morte das crias na fase de pupa. Em alguns casos, as colmeias permaneciam tão fracas que foi impossível recuperá-las. Em um dos estudos, foi observado que o herbicida Roundup® promoveu mudanças nas células das glândulas hipofaríngeas, responsáveis pela produção de geleia real, com alterações de organelas, como a degeneração precoce do retículo endoplasmático rugoso, mudanças morfológicas e estruturais nas mitocôndrias (FAITA et al., 2018). Por ser o primeiro estudo a avaliar o efeito do Roundup® sobre estas glândulas, mostrando que elas são prejudicadas, é possível levantar a hipótese de que colmeias expostas a herbicidas a base de glifosato podem apresentar alterações na produção de geleia real, ocasionando danos ao desenvolvimento e sobrevivência delas.

### **Efeitos dos HBG em organismos não alvo**

Como explicar que produtos desenvolvidos para matar plantas possam causar danos em outros seres vivos, como as abelhas? Muitos estudos já foram desenvolvidos e os resultados mostram que em animais, entre outros problemas, os herbicidas formulados a base de glifosato promovem alterações no sistema respiratório e hepático (KESAVACHANDRAN *et al.*, 2006; SANTOS FILHO *et al.*, 2003), danos ao material genético das células que estão associados ao surgimento de câncer (BOLOGNESI, 2003), causam desregulação hormonal e interferência no sistema imunológico, que por sua vez desencadearia outros danos em distintos tecidos e órgãos (CAVALLI et al., 2013; NARDI et al., 2017).

### **Conclusões**

Em longo prazo, a exposição das abelhas a doses subletais de agrotóxicos, especificamente aos HBG, promovem alterações metabólicas que não são causam morte de abelhas individualmente. Mas comprometem a sobrevivência da colônia, o que é extremamente preocupante, tendo em vista que são insetos sociais e há uma grande dependência do equilíbrio das castas para que colmeia prospere. Além disso, os herbicidas reduzem a disponibilidades de alimento, outro fator que contribui para o enfraquecimento e mortalidade lenta das abelhas.

Por outro lado, resíduos de glifosato e outros agrotóxicos têm sido encontrados em produtos apícolas, em alguns casos, acima dos limites considerados seguros para o consumo humano. Deste modo, a contaminação de derivados da colmeia deve ser tratada também como um problema de saúde pública, considerando que impactará negativamente os consumidores, que em muitas situações, usam principalmente o mel para fins terapêuticos.

É imprescindível que sejam realizadas ações efetivas para impedir a contínua mortalidade de abelhas, sob pena do extermínio destes insetos insubstituíveis na natureza.

## Referências bibliográficas

- BALBUENA, M. S. *et al.* Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *Journal of Experimental Biology*, v. 218, n. 17, p. 2799–2805, 2015. Disponível em: <<http://jeb.biologists.org/cgi/doi/10.1242/jeb.117291>>.
- BOLOGNESI, C. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, v. 543, n. 3, p. 251–272, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383574203000152>>. Acesso em: 19 maio 2017.
- CAVALLI, V. L., CATTANI, D., HEINZ RIEG, C. E., PIEROZAN, P., ZANATTA, L., BENEDETTI PARISOTTO, E.; ZAMONER, A. (2013). Roundup disrupts male reproductive functions by triggering calcium-mediated cell death in rat testis and Sertoli cells. *Free Radic Biol Med*, 65, 335-346. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2013.06.043
- DECOURTYE, A. *et al.* Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 57, n. 3, p. 410–419, 2004.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.-M. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology*, v. 52, n. 1, p. 81–106, 2007. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>>.
- FAITA, M.R.; OLIVEIRA, E.M.; ALVES, V.V.; ORTH, A.I.; NODARI, R.N. Changes in hypopharyngeal glands of nurse bees (*Apis mellifera*) induced by pollen-containing sublethal doses of the herbicide Roundup®. *Chemosphere*, v. 211, p. 566-572. 2018. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.07.189
- HELMER, S. H. *et al.* Effects of realistic doses of atrazine, metolachlor, and glyphosate on lipid peroxidation and diet-derived antioxidants in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 11, p. 8010–8021, 2015.
- HERBERT, L. T. *et al.* Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. *The Journal of experimental biology*, v. 217, n. Pt 19, p. 3457–64, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25063858>>.
- HIGES, M. *et al.* How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse. *Environmental Microbiology*, v. 10, n. 10, p. 2659–2669, 2008.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. IARC monographs, volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. Disponível em: <<https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/MonographVolume112.pdf>>. Acesso em março de 2019.
- JUMARIE, C.; ARAS, P.; BOILY, M. Mixtures of herbicides and metals affect the redox system of honey bees. *Chemosphere*, v. 168, p. 163–170, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.056>>.
- KESAVACHANDRAN, C. *et al.* Possible mechanism of pesticide toxicity-related oxidative stress leading to airway narrowing. *Redox report : communications in free radical research*, v. 11, n. 4, p. 159–62, 2006. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0->

33749016478&partnerID=tZOtx3y1%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16984738>.

KILJANEK, T. *et al.* Multi-residue method for the determination of pesticides and pesticide metabolites in honeybees by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry--Honeybee poisoning incidents. *Journal of chromatography. A*, v. 1435, p. 100–114, 2016.

KRÜGER, M., SCHLEDORN, P., SCHRÖDL, W., HOPPE, H.-W., LUTZ, W., & SHEHATA, A. A. (2014). Detection of Glyphosate Residues in Animals and Humans. *J Environm Anal Toxicol*, 4.

KRUPKE, C. H.; LONG, E. Y. Intersections between neonicotinoid seed treatments and honey bees. *Current Opinion in Insect Science*, v. 10, n. May, p. 8–13, 2015.

MESNAGE, R.; BERNAY, B.; SÉRALINI, G. E. Ethoxylated adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human cell toxicity. *Toxicology*, v. 314, n. 2–3, p. 122–128, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tox.2012.09.006>>.

MITCHELL, E. A. D. *et al.* A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science*, v. 358, n. 6359, 2017.

MOTTA, E. V. S.; RAYMANN, K.; MORAN, N. A. Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 41, p. 10305–10310, 2018.

MULLIN, C. A. *et al.* Toxicological Risks of Agrochemical Spray Adjuvants: Organosilicone Surfactants May Not Be Safe. *Frontiers in Public Health*, v. 4, n. May, p. 1–8, 2016. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fpubh.2016.00092/abstract>>.

NARDI, J., MORAS, P. B., KOEPPE, C., DALLEGRAVE, E., LEAL, M. B., & ROSSATO-GRANDO, L. G. (2017). Prepubertal subchronic exposure to soy milk and glyphosate leads to endocrine disruption. *Food Chem Toxicol*, 100, 247-252. doi:10.1016/j.fct.2016.12.030

NIEMANN, L., SIEKE, C., PFEIL, R., & SOLECKI, R. (2015). A critical review of glyphosate findings in human urine samples and comparison with the exposure of operators and consumers. *J Verbr Lebensm*, 10, 3-12.

PAREJA, L.; JESÚS, F.; HEINZEN, H.; HERNANDO, M. D.; RAJSKI, L.; FERNÁNDEZ-ALBA, A. R. Evaluation of glyphosate and AMPA in honey by water extraction followed by ion chromatography mass spectrometry. A pilot monitoring study. *Anal. Methods*, 11, 2123, 2019. DOI: 10.1039/c9ay0054

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide residues and bees - A risk assessment. *PLoS ONE*, v. 9, n. 4, 2014.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; GOULSON, D.; PENNACCHIO, F.; NAZZI, F.; GOKA, K.; DESNEUX, N. Are bee diseases linked to pesticides? — A brief review. *Environment International* 89–90. 2016. Doi: 10.1016/j.envint.2016.01.009

SANDROCK, C. *et al.* Impact of chronic neonicotinoid exposure on honeybee colony performance and queen supersedure. *PLoS ONE*, v. 9, n. 8, p. 1–13, 2014.

SANTOS FILHO, E. *et al.* Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. *Revista de Saude Publica*, v. 37, n. 4, p. 515–522, 2003.

TRAYNOR, K. S. *et al.* Multiyear survey targeting disease incidence in US honey bees. *Apidologie*, v. 47, n. 3, 2016.

ZALUSKI, R.; JUSTULIN, L. A.; ORSI, R. DE O. Field-relevant doses of the systemic

insecticide fipronil and fungicide pyraclostrobin impair mandibular and hypopharyngeal glands in nurse honeybees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 15217, 2017. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-017-15581-5>>.