

RISCO TÓXICO DE IMIDACLOPRID PARA A SOBREVIVÊNCIA DE MINHOCAS DA ESPÉCIE *Eisenia andrei* EM UM SOLO NATURAL TROPICAL

Aline Schiehl^{1*}, Thuanne Braúlio Hennig², Felipe Bandeira², Tânia Toniolo³, William Santos¹, Adriano Dalpasquale Junior¹, Elizeu Bonfim³, Paulo Roger Lopes Alves⁴

1. Acadêmico (a) do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó – SC
2. Mestrando (a) em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, *campus* Lages - SC
3. Acadêmico (a) do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó – SC
4. Doutor em Ciências e docente na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó / Orientador.

Resumo

O Imidacloprid é um inseticida utilizado no tratamento de sementes. Seu uso pode afetar organismos não-alvo do solo além de serviços ecossistêmicos. Os efeitos deste ingrediente ativo (i.a.) em organismos edáficos ainda são pouco conhecidos em solos naturais. O objetivo deste trabalho foi estimar o risco e o potencial tóxico do i.a. sobre minhocas *E. andrei*, em um solo natural tropical. Foi conduzido um ensaio de toxicidade aguda em laboratório para avaliar a mortalidade causada por imidacloprid e, a partir dos resultados foi estimado o Risco Ecológico em ambiente natural. A sobrevivência das minhocas foi afetada a partir da primeira concentração testada (10 mg kg⁻¹) e a que reduziu os organismos pela metade (CL₅₀) foi estimada em 8,41 mg kg⁻¹. Além disto o risco calculado foi de 27 vezes maior do que o permitido na Europa, demonstrando que, em solos tropicais, este i.a. poderá causar toxicidade, reforçando a importância do estudo do efeito de pesticidas em solos naturais do Brasil.

Palavras-chave: Ecotoxicologia do solo; serviços ecossistêmicos; risco ecológico.

Apoio financeiro: CNPq – Projeto Universal no. 407170/2016-2.

Introdução

O Imidacloprid é um inseticida da classe dos neonicotinóides frequentemente utilizado no tratamento químico de sementes. Seu modo de ação é sobre o sistema nervoso dos organismos, causando o bloqueio de receptores e o acúmulo do neurotransmissor acetilcolina, ocasionando a paralisia e morte dos organismos (BUFFIN, 2003). No entanto, ainda que traga benefícios às culturas agrícolas devido ao seu caráter protetor, este ingrediente ativo (i.a.) pode afetar negativamente os organismos não-alvo que vivem no solo, os quais atuam na ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e a criação de bioporos no solo, entre outras funções (ALVES E CARDOSO, 2012).

O potencial tóxico de substâncias químicas para organismos do solo vem sendo avaliado mundialmente por meio de ensaios ecotoxicológicos padronizados por normas internacionais (AZEVEDO E CHASIN, 2004; EC, 2003). Embora já existam estudos que demonstrem efeitos negativos do imidacloprid sobre organismos da fauna edáfica (ALVES, 2013; BELZUNCES, 2003) a maioria dos dados ecotoxicológicos existentes na literatura são provenientes de ensaios realizados com solos que apresentam características pedogenéticas distintas dos solos brasileiros e, portanto, não levam em consideração a influência das propriedades químicas e físicas dos solos naturais tropicais na dinâmica de poluentes no solo.

Neste sentido, presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do imidacloprid na sobrevivência de minhocas da espécie *E. andrei* em um solo natural tropical (Latossolo).

Metodologia

Para a realização dos testes foram utilizadas minhocas da espécie *E. andrei*, as quais foram criadas em laboratório, em caixas plásticas (30 x 15 x 10 cm) contendo uma mistura de fibra de coco, esterco equino seco e desfaunado e, areia fina, na proporção de 10:20:1, respectivamente (ALVES et al., 2013). Semanalmente, as minhocas foram alimentadas com aveia cozida, e a umidade dos meios de cultivo foi corrigida. A criação dos organismos, bem como o ensaio ecotoxicológico foram realizados em um ambiente com temperatura (20 ± 2° C) e fotoperíodo (12h) controlados, conforme estabelecido pela ISO 11267:1 (ISO, 1993).

Para a realização dos testes, foram selecionadas minhocas adultas, com clitelo aparente e peso entre 250 e 600 mg. As minhocas foram aclimatadas por pelo menos 24 horas no solo teste, antes da realização do ensaio.

O solo utilizado no ensaio ecotoxicológico foi um Latossolo, coletado no município de Palmitos (SC), em um local sem histórico de contaminação por pesticidas, na camada superficial do solo (0-20 cm). O solo passou por um processo de desfauna e posteriormente, foi seco ao ar livre e peneirado (#2 mm).

Concentrações crescentes do i.a. (10; 16; 24; 36; 54 mg i.a. kg⁻¹ de solo seco) foram selecionadas com base na literatura (ALVES et. al., 2013), e aplicadas nas amostras de solo. Um tratamento controle contendo

apenas água destilada também foi preparado. As contaminações ocorreram por meio de diluições da formulação comercial Much® (contendo i.a. imidacloprid) em água destilada, de modo que as amostras atingissem 60% da capacidade de retenção de água (CRA) do Latossolo. Foram realizadas 4 réplicas para cada tratamento. As unidades experimentais constituíram em recipientes plásticos cilíndricos ($\varnothing = 14$ cm; $h = 9$ cm), com tampas perfuradas para permitir trocas gasosas, nas quais foram adicionados cerca de 600 g de solo controle ou contaminado, 10 minhocas adultas e 10 g de esterco equino úmido, ofertado como alimento. Semanalmente, as unidades experimentais tiveram sua umidade ajustada com água destilada, pela diferença de peso.

Depois de 14 dias, o conteúdo de cada réplica foi esvaziado sobre uma bandeja de plástico e os organismos sobreviventes foram manualmente contabilizados para verificar o número de sobreviventes em cada tratamento.

Os dados foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA) e, quando encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$), os tratamentos contendo diferentes concentrações do i.a. foram comparados com o controle pelo teste de Dunnett no software Statistica®, permitindo a determinação da CEO (menor concentração testada com efeito observado). A concentração letal de 50% (CL_{50}) foi estimada através do software PriProbit®. O cálculo do risco ecológico (RE) consistiu na razão entre a concentração do i.a. prevista no ambiente (CPA) - assumindo $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$, conforme Alves et al. (2013) -, e a concentração sem efeito observado (CSEO) - dada pelo valor de CL_{50} dividido por 1000 -, conforme descrito em EC (2003).

Resultados e Discussão

O ensaio realizado atendeu aos critérios de validação estabelecidos pela ISO 11267:1 (ISO, 1993), apresentando uma taxa de mortalidade inferior a 10% em todas as réplicas do tratamento controle.

O efeito letal de imidacloprid sobre *E. andrei* em Latossolo ocorreu a partir da primeira concentração de i.a. testada (CEO = 10 mg kg^{-1}), onde a sobrevivência dos organismos foi reduzida em mais de 90% em relação ao controle (Figura 1). Além disso, a concentração que causa 50% de mortalidade em relação ao controle (CL_{50}) foi estimada em $8,45 \text{ mg kg}^{-1}$.

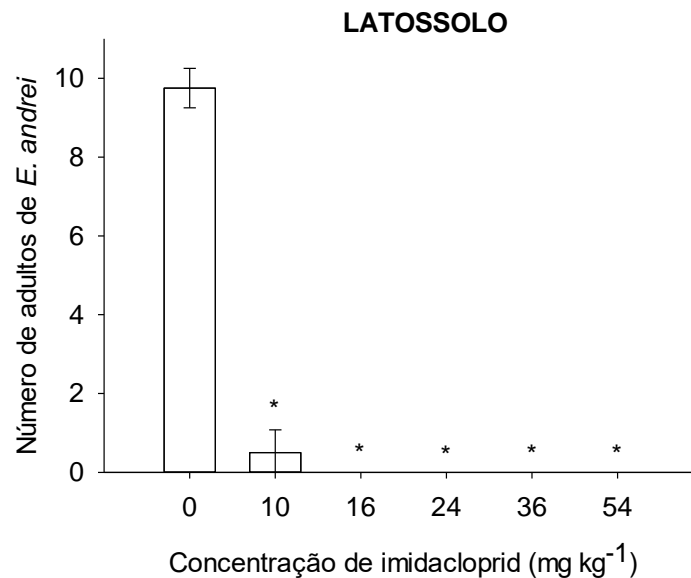


Figura 1. Número médio ($n=4$, \pm desvio padrão) de minhocas *E. andrei* sobreviventes após 14 dias de exposição a diferentes concentrações de imidacloprid em Latossolo. (*) indica redução significativa de sobreviventes com relação ao controle (teste de Dunnett - $p \leq 0,05$).

A Comissão Europeia estabelece que o risco da exposição de espécies edáficas aos níveis esperados de pesticidas no solo é considerado aceitável se o valor de RE calculado for de no máximo 1 (EC, 2003). O RE obtido no presente estudo indicou um risco 27,35 vezes maior do que o limite de segurança estabelecido para a exposição de invertebrados edáficos ao pesticida na Europa, indicando que os níveis esperados deste inseticida no solo podem causar efeitos deletérios sobre organismos da fauna do solo.

Ao compararmos estudos semelhantes a este, é notável a diferença de toxicidade (TABELA 1), sendo de até três vezes menos tóxico que a estimada acima. Uma das possíveis explicações se deve a condição em que cada estudo foi realizado, para Alves o diferencial foi o solo e a temperatura, para Brennan (2017) o período de tempo do teste, de 28 dias, e para Chai (2018) foi o solo e diferente espécie de minhocas (*Eisenia fetida*). A maior toxicidade sendo em Brennan ao qual provavelmente deve-se ao maior tempo de exposição dos organismos ao contaminante e ao solo ser arenoso (77% de areia), que propicia a retenção do contaminante na parcela orgânica do solo e parcialmente biodisponível na solução do solo, ocasionando que os organismos fiquem expostos pelas vias dérmicas e digestivas.

TABELA 1- Valores de CL₅₀ provenientes de ensaios de toxicidade aguda com minhocas, em diferente tipos de solos de teste, publicados na literatura internacional.

Parâmetro	Referência da literatura internacional		
	ALVES et al. 2013	BRENNAN	CHAI et al. 2018
Solo	SAT	LUFA 2.2 (LUFA Speer, Alemanha)	Solo artificial
CL ₅₀ mg kg ⁻¹	25,53	0,77	3,6

Além disto, outros estudos sobre o risco ambiental de imidacloprid e de outros neonicotinóides também indicaram elevado risco deste i.a. para diversos organismos, não somente para minhocas, mas também para insetos (ex. abelhas) e mamíferos (WOOD and GOULSON, 2013; VAN DER SLUIJS et al., 2015). Os resultados reportados na literatura também reforçam a necessidade da incorporação de solos naturais como substrato a ser utilizado em ensaios ecotoxicológicos terrestres, para melhorar a estimativa do potencial tóxico e do risco de pesticidas para os organismos edáficos (Niemeyer et al., 2017).

Conclusões

A sobrevivência das minhocas foi negativamente afetada a partir da concentração de 10 mg kg⁻¹. Os resultados para o ensaio de mortalidade obtidos no presente estudo, quando comparados com outros estudos já realizados, indicam que o imidacloprid pode ter sua toxicidade potencializada em solos naturais, como no caso do Latossolo. O valor do risco ecológico calculado neste estudo (RE= 27,35) indica que os níveis esperados de imidacloprid no ambiente podem causar efeitos negativos sobre a espécie *E. andrei*. Os resultados obtidos neste trabalho também apontam para a necessidade da realização de estudos ecotoxicológicos utilizando solos naturais como substrato teste, a fim de melhorar a relevância da avaliação do risco de pesticidas para organismos do solo.

Referências bibliográficas

- ALVES, P.R.L.; CARDOSO, E.J.B.N. Soil Ecotoxicology, **Ecotoxicology**. IntechOpen, february, 2012. 27-50 p.
- ALVES, P.R.L.; CARDOSO, E.J.B.N.; MARTINES, A.M.; SOUSA, J.P.; PASINI, A. Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. **Chemosphere**, v. 90, march. 2013. 2674–2682 p.
- AZEVEDO, F.A. de.; CHASIN A.A.M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos, São Paulo: RiMa, 2003. 322 p.
- BELFROID, A.C.; VAN GESTEL, C. A. M.; SIJIM, D. T. H. M. Bioavailability and toxicokinetics of hydrophobic aromatic compounds in benthic and terrestrial invertebrates: **Environmental Reviews**, v.4, 1996, 276-299 p.
- BELZUNCES, L.; CAPOWIEZ, Y; MAZZIA, C.; RAULT, M. Earthworm behaviour as a biomaker – a case study using imidacloprid. **Pedobiologia**, v. 47, Issues 5–6, 2003, Pages 542-547.
- BRENNAN, N.; BRUWER, J.M.; COMMANDEUR, D.; GESTEL, C.A.M.; SILVA, C.L.; VERWEIJ, R.A. **Comparative toxicity of imidacloprid and thiacloprid to different species of soil invertebrates**. March. 2017
- BUFFIN, D. Imidacloprid. **Pesticide News**, 2003, 62, 22–23.
- CHAI, H.; GE, J.; WANG, D.; WU, R.; XIAO, Y.; XIN, X.; YAN, H.; YUA, X. Sub-lethal effects of six neonicotinoids on avoidance behavior and reproduction of earthworms (*Eisenia fetida*). **Ecotoxicology and Environmental Safety** 162 (2018) 423–429.
- ISO - International Organization for Standardization. (1993). *ISO-11268-1: Soil quality – Effects of pollutants on earthworms (Eisenia fetida) (Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrate)*, Genève, Switzerland.
- NIEMEYER, J.C., CHELINHO, S., SOUSA, J.P., 2017. Soil ecotoxicology in Latin America: Current research and perspectives. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, p. 1795-1810.

RENAUD, M., AKEJU, T., NATAL-DA-LUZ, T., LESTON, S., ROSA, J., RAMOS, F., SOUSA, J.P., AZEVEDO-PEREIRA, H.M.V.S. Effects of the neonicotinoids acetamiprid and thiacloprid in their commercial formulations on soil fauna. **Chemosphere** 194 (2018) 85-93.

VAN DER SLUIJS, J.P. et al. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. **Environ Sci Pollut Res** (2015) 22:148–154.

WOOD, T.M.; GOULSON, D. The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013. **Environ Sci Pollut Res** (2017) 24:17285–17325.