

TOXICIDADE DE AGROTÓXICOS PARA ENQUITREÍDEOS NO SOLO

ANA ALICE PORTO ^{1,2*}, GUSTAVO PICCOLOTTO DA ROZA³, ANDRÉ
PERUCHI⁴, PAULO ROGER LOPES ALVES^{2,5}

1 Introdução

Os agrotóxicos são amplamente utilizados para controlar e prevenir pragas e doenças que afetam a produção agrícola. O aumento do uso dessas moléculas elevou o Brasil ao status de um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, com mais de 950 mil toneladas de ingredientes ativos vendidos em 2024 (IBAMA, 2025). Dentre essas substâncias, os inseticidas desempenham um papel central no controle dos danos às lavouras. A clotianidina é um ingrediente ativo (i.a.) neonicotinoide amplamente utilizado em formulações para tratamento de sementes de culturas como soja, milho e algodão. Entretanto, seu potencial de toxicidade para organismos não-alvo do solo tem suscitado preocupações ecotoxicológicas (Bandeira et al., 2021).

Os enquitreídeos são anelídeos essenciais para a estruturação e decomposição da matéria orgânica do solo (Jänsch et al., 2005; Amorim; Römbke, 2018) e são frequentemente utilizados como bioindicadores em testes ecotoxicológicos devido à sua sensibilidade a contaminantes (Castro-Ferreira et al., 2012). A absorção de poluentes nesses organismos ocorre predominantemente por difusão cutânea passiva a partir da água intersticial do solo (Van Gestel, 1997). Contudo, a maioria dos estudos ecotoxicológicos sobre agrotóxicos em condições tropicais tem priorizado espécies de minhocas e colêmbolos, e ainda são escassas as avaliações do impacto de inseticidas sobre enquitreídeos sob a variação de fatores ambientais, como a umidade do solo.

2 Objetivos

1 Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó, contato: ana.alice.porto@estudante.uffs.edu.br

2 Grupo de Pesquisa: NEFIT - Núcleo de Estudos em Fitossanidade

3 Graduado em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó.

4 Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó.

5 Doutor em Ciências, professor na UFFS, *campus* Chapecó, **Orientador**.

Avaliar o impacto ecotoxicológico do inseticida clotianidina na reprodução de enquitreídeos *Enchytraeus crypticus* em Solo Artificial Tropical (SAT) submetido a doses crescentes do produto sob dois teores de umidade do solo.

3 Metodologia

Foi realizado um ensaio ecotoxicológico de toxicidade crônica (21 dias) com a espécie *Enchytraeus crypticus* em Solo Artificial Tropical (SAT), no Laboratório de Botânica, Ecologia e Entomologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Chapecó-SC.

Os organismos foram mantidos e multiplicados em placas de Petri contendo meio de cultura composto por 13,6 g de ágar bacteriológico (Oxoid - Ágar nº 1); 6 mL de solução 0,1 M de NaHCO₃; 6,4 mL de solução 0,001 M de KCl e 772 mL de água destilada. A alimentação foi realizada duas vezes por semana com 2 mg de aveia moída, mantendo-se a umidade com água destilada, conforme a norma NBR ISO 16387 (ABNT, 2012). A sala de criação foi mantida a 20 ± 2 °C e com fotoperíodo de 12:12 h (claro:escuro).

O SAT foi preparado em laboratório com a seguinte composição: 75% (m/m) de areia fina lavada, 20% (m/m) de caulim em pó esterilizado e 5% (m/m) de pó de casca de coco. Os enquitreídeos foram expostos a cinco concentrações de clotianidina (40, 70, 120, 200 e 340 mg/kg de solo seco) e a um tratamento controle (água destilada). A contaminação foi realizada por meio da adição manual de solução aquosa do inseticida, ajustando-se a umidade do solo a dois níveis de Capacidade de Retenção de Água (CRA): 30% e 60% (m/m) da CRA.

Dez indivíduos adultos com clitelo desenvolvido foram introduzidos em recipientes de vidro (snap-caps) contendo 30 g de solo contaminado ou de controle (com 4 a 5 repetições por tratamento). Os recipientes foram incubados a 20 ± 2 °C. Após 21 dias, adicionaram-se 25 mL de álcool 70% (m/m), 25 mL de água e 10–15 gotas de corante Rosa de Bengala (1%, m/m) em cada unidade experimental. Após, no mínimo, 24 h, o conteúdo foi lavado em peneira de malha de 53 µm, transferido para placa de Petri quadriculada e os juvenis foram contabilizados sob estereomicroscópio.

Os dados de reprodução foram submetidos à ANOVA e ao teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao controle, para determinar a CENO (Concentração de Efeito Não Observado) e a CEO (Concentração de Efeito Observado). As concentrações de efeito (CE10, CE20 e CE50) e seus respectivos intervalos de confiança de 95% (m/m) foram estimados por regressão não

linear no software Statistica® 13.0 (Environment Canada, 2007).

4 Resultados e Discussão

A clotianidina provocou redução significativa na reprodução de *E. crypticus* em ambos os teores de umidade testados (Figuras 1A e 1B). Na condição de menor umidade (30% m/m da CRA), os valores de CENO e de CEO foram de 70 mg/kg e 120 mg/kg, respectivamente (Figura 1A). Na condição de maior umidade (60% m/m da CRA), os valores de CENO e CEO foram de 120 mg/kg e 200 mg/kg, respectivamente (Figura 1B)

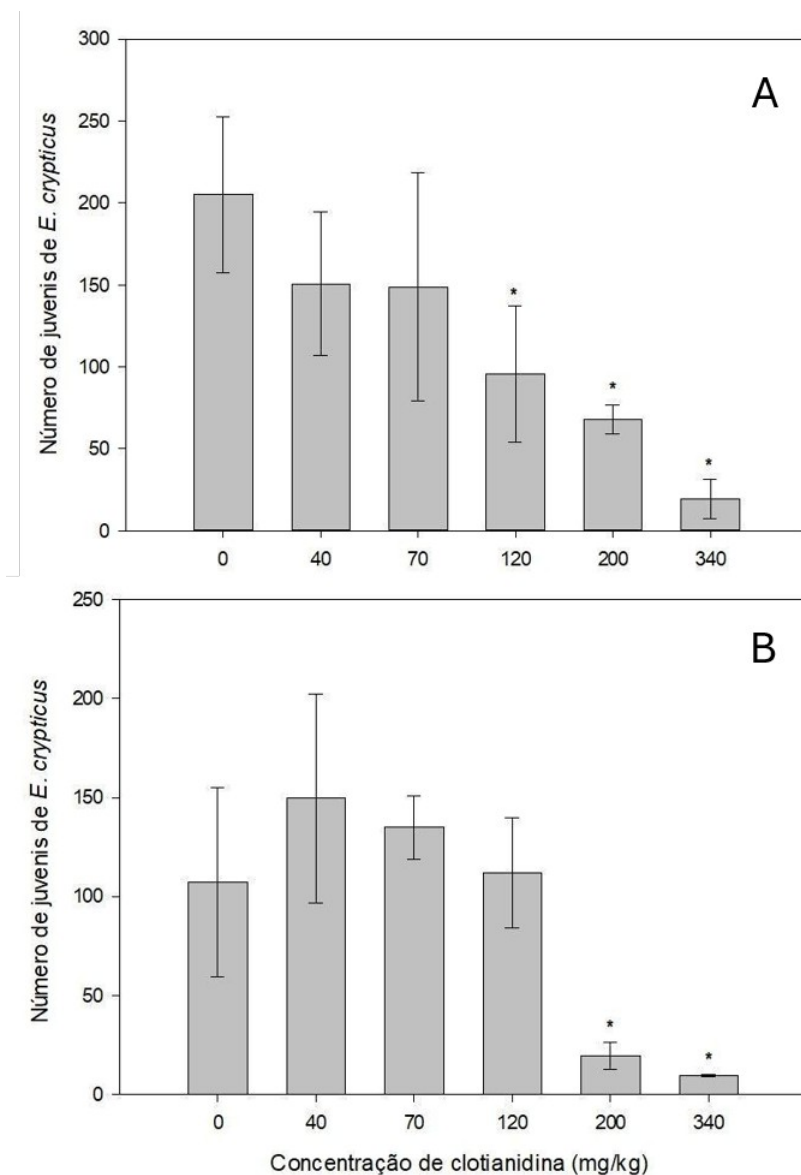


Figura 1 – Média ($\pm$ desvio padrão) de juvenis de *Enchytraeus crypticus* recuperados em Solo Artificial Tropical (SAT) sob exposição à clotianidina nas umidades de (A) 30% e (B) 60% (m/m) da CRA. Os asteriscos (*) assinalam as diferenças estatisticamente significativas em relação ao grupo controle, avaliadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Além disso, os valores de CE50 indicaram maior toxicidade do composto no solo mais seco (115 mg/kg em 30% m/m de CRA vs. 154 mg/kg em 60% m/m de CRA). O estresse hídrico, causado pela menor disponibilidade de água no solo (30% m/m de CRA), pode afetar o equilíbrio osmorregulatório dos organismos, tornando-os biologicamente mais vulneráveis ao efeito neurotóxico do ingrediente ativo. A clotianidina atua como agonista dos receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs), promovendo hiperexcitação contínua do sistema nervoso dos invertebrados (Simon-Delso et al., 2015).

Ademais, a alta solubilidade em água dos neonicotinoides favorece sua presença na solução do solo. Em teores de umidade reduzidos, a maior concentração relativa do produto na solução do solo aumenta a absorção cutânea pelos enquitreídeos, intensificando a resposta tóxica observada.

5 Conclusão

A aplicação de clotianidina resultou em impactos deletérios na capacidade reprodutiva de *Enchytraeus crypticus* em Solo Artificial Tropical (SAT). Observou-se que a toxicidade deste ingrediente ativo foi modulada pela umidade edáfica, com efeitos mais severos sob estresse hídrico (30% m/m da CRA), condição em que a produção de juvenis foi significativamente comprometida em concentrações superiores a 120 mg/kg. Tais achados reiteram a relevância de integrar as flutuações na disponibilidade de água do solo em protocolos de avaliação de risco ecotoxicológico para agrotóxicos.

Referências Bibliográficas

- AMORIM, M. J. B.; RÖMBKE, J. Enchytraeids as test organisms in ecological risk assessment and biological soil classification. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 464-467, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 16387**: qualidade do solo: efeitos de poluentes em Enchytraeidae (*Enchytraeus sp.*): determinação dos efeitos na reprodução e sobrevivência. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BANDEIRA, F. O. et al. Chronic effects of clothianidin to non-target soil invertebrates: ecological risk assessment using the species sensitivity distribution (SSD) approach. **Journal of Hazardous Materials**, v. 419, p. 126491, 2021.

CASTRO-FERREIRA, M. P. et al. *Enchytraeus crypticus* as model species in soil ecotoxicology. **Chemosphere**, v. 87, n. 11, p. 1222–1227, 2012.

ENVIRONMENT CANADA. **Guidance Document on Statistical Methods for Environmental Toxicity Tests**. Environmental Protection Series, EPS 1/RM/46. Ottawa: Environment Canada, 2005. (Atualizado em 2007).

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Série histórica de produção nacional, importação, exportação e vendas – de 2009 a 2024**. Brasília, DF: IBAMA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 08 mar. 2026.

JÄNSCH, S.; RÖMBKE, J.; DIDDEN, W. The use of enchytraeids in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, n. 2, p. 266-277, 2005.

SIMON-DELISO, N.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P. et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 5-34, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>. Acesso em: 21 mar. 2026.

VAN GESTEL, C. A. M. Scientific basis for extrapolating results from soil ecotoxicity tests to field conditions and the use of bioassays. In: VAN STRAALLEN, N. M.; LØKKE, H. (eds). **Ecological Risk Assessment of Contaminants in Soil**. Springer, Boston, MA, 1997.

Palavras-chave: Ecotoxicologia; Clotianidina; *Enchytraeus crypticus*; Inseticidas.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0367

Financiamento

