

## **Avaliação ecotoxicológica do herbicida 2,4-D em solo natural utilizando os organismos bioindicadores *Folsomia candida* e *Enchytraeus crypticus***

**Palavras-Chave:** ecotoxicologia, agrotóxicos, bioindicadores

**Autores:**

**PEDRO LUIZ ROSA ESPINOSA, FT – UNICAMP**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> CASSIANA MARIA CONEGLIAN (orientadora), FT - UNICAMP**

---

### **INTRODUÇÃO**

Na história humana, diante de um progressivo crescimento populacional, aumentou-se a demanda por melhorias na produção de alimentos. No fim da década de 60 e no início da década de 70, na promessa de minimizar a fome do mundo, a Revolução Verde, promoveu uma produção mais eficiente ao ampliar o uso de tecnologias na produção de alimentos a partir do incentivo de uso de fertilizantes, agrotóxicos, máquinas agrícolas e sementes transgênicas (WACHEKOWSKI, 2021). Entretanto, diversos impactos negativos são gerados por essas práticas, já que, para elevar o retorno gerado pela produção agrícola, promove-se a manipulação do meio ambiente de forma agressiva, destacando-se o impacto pelo uso excessivo de agrotóxicos em diferentes ecossistemas, afetando o meio e a saúde da população humana.

Os agrotóxicos são substâncias que combatem diretamente agentes nocivos à lavoura e que, portanto, são utilizados na redução de perdas na produtividade. A nomenclatura utilizada ressalta o potencial de contaminação que estes compostos apresentam ao meio ambiente, e as inúmeras evidências que apontam uma diversidade de riscos que seu uso pode promover. De modo geral, os impactos podem ser verificados tanto na saúde humana, pelo consumo de alimentos com resíduos de agrotóxicos ou contato direto; quanto no meio ambiente. No último caso, leva-se em consideração o transporte dessas substâncias em solo e água, formação de subprodutos, os meios de contaminação, sua dispersão por meio da cadeia trófica e as diversas perturbações, crônicas ou agudas, geradas nas populações e nos ecossistemas (LOPES e ALBUQUERQUE, 2018).

Mundialmente, o Brasil se destaca pelo grande e crescente consumo de agrotóxicos. Em 2022, de acordo com o Painel de Informações sobre a Comercialização de Agrotóxicos do IBAMA (2022), as vendas totais de produtos formulados atingiram o valor de 800.652,17 toneladas, representando aumento de aproximadamente 11% em relação ao ano anterior. Ainda de acordo com o relatório, o segundo ingrediente ativo mais comercializado no Brasil é o herbicida 2,4-D, com um total de 59.098 toneladas vendidas em 2022.

O agrotóxico 2,4-D é um ácido livre (CETESB, 2020) utilizado para o combate de plantas daninhas, sendo que seu uso agrícola no Brasil é autorizado nas culturas de arroz, aveia, café, cana-de-açúcar, centeio, cevada, eucalipto, milho, milho, pastagem, soja, sorgo e trigo (ANVISA, [s,d]). Sua classificação toxicológica é da categoria 4, ou seja, pouco tóxico à saúde humana, porém sua classificação ambiental é da classe III, que o caracteriza como produto perigoso ao meio ambiente (AGROLINK, 2023).

O 2,4 D age a partir do rompimento dos tecidos de condução da planta, fazendo com que o transporte de fluidos seja interrompido, causando a morte por falta de fontes de energia e desidratação (AGROLINK, 2023). Conforme a ANVISA (2022), o produto não se enquadra nos critérios de proibição de agrotóxicos, já que não apresenta toxicidade à reprodução, formação de fetos e ao sistema endócrino. Deste modo, o uso do composto é autorizado por apresentar riscos reduzidos à população humana.

Sendo assim, ressalta-se a importância do estudo da substância, já que além de seu uso em larga escala no território brasileiro, é registrado que o composto apresenta um potencial de deriva caso aplicado incorretamente (MALISZEWSKI, 2020). Isto posto, para controle de impactos e tomada de decisões, faz-se necessária a análise da qualidade do solo atingido por porções de 2,4-D, pois estas moléculas podem ser tóxicas para organismos não-alvo; além do fato dos herbicidas serem aplicados em elevadas doses no ambiente, normalmente na forma de caldas altamente concentradas.

Desta forma, torna-se necessário o monitoramento da qualidade do solo, da mesma forma com que se realiza o monitoramento da qualidade da água e do ar. O solo é um ecossistema muito importante para a manutenção da vida no planeta e tem sofrido modificações físicas, químicas e biológicas, resultantes das práticas de manejo e cultivo empregadas.

Para isso, este projeto propôs a realização de testes ecotoxicológicos para a análise de solos contaminados por 2,4-D com uso de dois organismos bioindicadores, e representantes importantes da fauna edáfica, o *Folsomia candida* e o *Enchytraeus crypticus*. Esta ferramenta de avaliação é de suma importância, sendo complementar à análise química, porque busca estudar a toxicidade do contaminante por meio da sua exposição a organismos de estudo. Sendo assim, promove o entendimento de como o uso de um composto pode oferecer risco aos ecossistemas de um meio e, dessa maneira, sua saúde (BIANCHI, 2010).

## **METODOLOGIA**

O teste de toxicidade com o organismo *Folsomia candida* (Figura 1) realizado baseou-se na ABNT NBR ISO 11267 (2019) em solo natural. O teste contou com dois controles, com Solo Artificial Tropical (SAT) e com solo natural, cada um possuindo 8 réplicas. Para cada concentração do contaminante testada, foram preparadas 5 réplicas. Cada recipiente de vidro foi preenchido com 30 g de substrato e 10 organismos adultos. A duração total do teste foi de 28 dias, sendo que os organismos foram alimentados com fermento biológico e a umidade corrigida com água destilada numa frequência semanal, a partir da montagem.

Para a finalização do teste, transferiu-se todo conteúdo do mesmo em recipientes plásticos e adicionou-se água e tinta de carimbo azul, para realizar contraste com os organismos. Feito isso, cada recipiente de plástico foi fotografado com câmera profissional CANON T7 e a contagem foi realizada com o software Imagej.

O teste de toxicidade com o organismo *Enchytraeus crypticus* (Figura 2) realizado se baseou na ABNT NBR ISO 16387 (2012). Por ser realizado com solo natural, o teste contou com dois controles, com SAT e com solo natural, cada um possuindo 8 réplicas. Para cada concentração do contaminante testada, foram preparadas 5 réplicas. Cada recipiente foi preenchido com 30 g de substrato e 10 organismos adultos clitelados. A duração total do teste foi de 21 dias, sendo que os organismos foram alimentados com farinha de aveia e a umidade corrigida com água destilada numa frequência semanal, a partir da montagem.

Por fim, o encerramento do teste foi realizado pela mistura do conteúdo dos recipientes com álcool 70° e 4 gotas do corante rosa de bengala, e repouso por 24 h para garantir a coloração dos organismos. Feito isso, o conteúdo dos recipientes foi lavado em água corrente, com peneira de malha 53 µm, e transferido para bandejas brancas para contagem manual com pipeta Pasteur.

O teste com *E. crypticus*, no momento de submissão para inscrição ao XXXII Congresso de Iniciação Científica, encontrava-se na fase de contagem, desta forma não será possível apresentação dos resultados.

Os testes permaneceram em estufa durante todo o tempo, com temperatura 20±2°C e fotoperíodo de 16h:8h (claro:escuro), seguindo suas normas.

Para a produção do SAT, considerou-se uma adaptação do solo artificial OECD (OECD, 1984), composto por 75% de areia industrial fina, 20% de caulim e 5% de fibra de coco, baseando-se na ABNT NBR 15537 (2014).

Utilizou-se para ambos organismos as mesmas concentrações de 2,4D, observada na Tabela 1. As concentrações foram baseadas nas recomendações da bula do agrotóxico, partindo-se da menor dose recomendada para uso em culturas de cana-de-açúcar.



Figura 1 – *Folsomia candida* em cultivo – fonte: Autoria própria.



Figura 2 - *Enchytraeus crypticus* – fonte: Autoria própria.

Concentrações	Concentração de 2,4-D (L/ha)
C0	0,00
C1	0,06
C2	1,00
C3	2,00
C4	3,00
C5	4,00

Tabela 1 – Concentrações de 2,4-D utilizadas nos testes de toxicidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir resultados obtidos pela contagem dos organismos resultantes do teste de toxicidade crônica com *F. candida*, o teste de Shapiro-Wilk constatou se tratar de uma distribuição normal, como visto na *Figura 2*.

Sendo assim, a análise estatística foi continuada com o teste ANOVA, que indicou a não-existência de variância no conjunto de dados e, portanto, ausência de efeito adverso na reprodução de *F. candida* na faixa de concentrações testada.

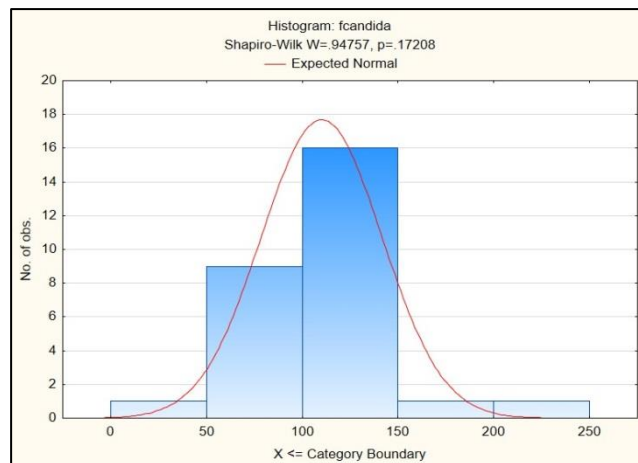


Figura 2 – Distribuição dos dados de contagem de *F. candida* e resultados do teste de Shapiro-Wilk. – fonte: Autoria própria.

## CONCLUSÕES:

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que, para a faixa de concentrações calculada, a partir da recomendação para uso em culturas de cana-de-açúcar, descrita na bula do contaminante, o agrotóxico não causou efeito adverso para a reprodução de *F. candida*. Desta forma, recomenda-se que sejam realizados novos testes com readequações da faixa de concentrações utilizada, em busca da quantificação das concentrações de efeito.

Apesar disso, os resultados não constatarem que o contaminante não causa impacto ambiental na saúde do solo. Isto posto, são necessários estudos toxicológicos mais aprofundados e com maior variedade de organismos para entender como o 2,4-D pode afetar a dinâmica dos ecossistemas edáficos.

---

## BIBLIOGRAFIA

AGROLINK. Bula 2,4-D Nortox. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/2-4-d-nortox\\_8434.html](https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/2-4-d-nortox_8434.html)>. Acesso em: 26 abr. 2023.

AMORIM, M. J. B. et al. Boric acid as reference substance: pros, cons, and standardization. *Ecotoxicology*, [s.l.], v. 21, n. 3, p.919-924. Springer Nature, 25 nov. 2011. Disponível em: <<https://rdcu.be/cM1sG>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Monografia de agrotóxicos: 2,4-D [s.d]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BIANCHI, M.O. et al. Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados no solo. Embrapa Agrobiologia Seropédica, RJ, 2010. p. 13, 18. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50057/1/DOC266-10.pdf>>. Acesso em: 05 mai, 2023

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. Agrotóxico 2,4-D passa a ter restrições na aplicação: Análise de estudos científicos e dados sobre o uso do agrotóxico no Brasil mostraram que o produto não é

motivo de preocupação para o consumidor, mas exige atenção em sua aplicação no campo. [S.l.]: Anvisa, 01 jul. 2022. Atualizado em 03 nov. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/agrotoxico-24-d-passa-a-ter-restricoes-na-aplicacao>>. Acesso em: 23 abr. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Painéis de informações de agrotóxicos. [S.l.]: IBAMA, 29 nov. 2022. Atualizado em 08 mar. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 26 abr. 2023.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2,4-D . São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/24-D.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2023.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Série Histórica de vendas 2009 a 2022: 2,4-D. 2024. Painéis de Informações de Agrotóxicos. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 26 jul. 2024.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde Debate*. 2018;42(117):518-34. DOI: 10.1590/0103-1104201811714

MALISZEWSKI, Eliza. Uma polêmica chamada 2,4-D: Especialistas e produtores garantem que é possível chegar à deriva zero. *AGROLINK*, 2020. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/uma-polemica-chamada-2-4-d\\_443306.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/uma-polemica-chamada-2-4-d_443306.html)>. Acesso em: 27 abr. 2023.

OECD Organization for Economic Co-Operation and Development, 2013. Guidelines for the testing of chemicals, section 2: effects on biotic systems. Test No. 236: Fish Embryo Toxicity Test. DOI: 10.1787/9789264203709-em.

WACHEKOWSKI, G.; CARNET FIGUEIREDO, T.; LAZZARI RIZZI, J.; VIEIRA SOARES, N. AGROTÓXICOS, REVOLUÇÃO VERDE E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE: REVISÃO NARRATIVA DE LITERATURA. *Salão do Conhecimento*, [S. l.], v. 7, n. 7, 2021. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/20712>>. Acesso em: 03 de mai. de 2023