

IMPACTO ECOTOXICOLÓGICO DE NANOPLÁSTICOS SOBRE COLÊMBOLOS NO SOLO

LUANA NARDI^{1,2*}, FELIPE OGILIARI BANDEIRA³, WILLIAM GERSON MATIAS⁴,
SIMONE ZAPPE⁵, GISELE ORSO⁶, ANDRÉ PERUCHI⁷, GUSTAVO PICCOLOTTO
DA ROZA⁸, PAULO ROGER LOPES ALVES^{2,9}

1 Introdução

A produção mundial de plásticos vem aumentando expressivamente nas últimas décadas, impulsionada por sua versatilidade e ampla variedade de aplicações. Em 2018, a produção global atingiu cerca de 359 milhões de toneladas (PLASTICS EUROPE, 2019). De acordo com Corradini *et al.* (2019), uma das principais rotas de entrada de microplásticos e nanoplásticos nos solos agrícolas é a aplicação de lodo proveniente do tratamento de águas residuais, prática comum como fertilizante e que pode conter fibras sintéticas oriundas, principalmente, da lavagem de roupas. Outras fontes incluem a irrigação com águas residuais, além de plásticos transportados por inundações, deposição de resíduos e aporte atmosférico (Bläsing; Amelung, 2018).

Com isso, cresce a preocupação com a presença de seus fragmentos no ambiente, em especial dos microplásticos (MP: > 100 nm e < 5 mm) e nanoplásticos (NP: < 100 nm), que podem se acumular nos solos e afetar a fauna edáfica, representando uma ameaça potencial aos ecossistemas terrestres (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain, 2016; Ji *et al.*, 2021). Portanto, torna-se fundamental a realização de ensaios ecotoxicológicos para avaliar a toxicidade desses contaminantes emergentes para organismos não-alvo da fauna edáfica, de modo a estabelecer limites de proteção para a biodiversidade dos solos.

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

2 Grupo de Pesquisa: Núcleo de Estudos em Fitossanidade (NEFIT)

3 Doutor em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, *campus Florianópolis*,

4 Docente da Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina., *campus Florianópolis*,

5 Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Chapecó*,

6 Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Chapecó*,

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

8 Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Chapecó*,

9 Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, **Orientador(a)**.

2 Objetivos

Avaliar o impacto ecotoxicológico de nanoplásticos de poliestireno (NPPS) na reprodução de colêmbolos *Folsomia candida*, em Neossolo Quartzarênico do estado de Santa Catarina, conforme as recomendações da norma ISO 11267 (ISO, 2014).

3 Metodologia

Para a execução do experimento, os nanoplásticos de poliestireno (NPPS) foram sintetizados no Laboratório de Toxicologia Ambiental (LABTOX) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e fornecidos à UFFS para o desenvolvimento ensaios ecotoxicológicos com colêmbolos do solo.

O ensaio ecotoxicológico crônico foi realizado no Laboratório de Botânica, Ecologia e Entomologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), em Chapecó-SC, utilizando colêmbolos da espécie *Folsomia candida*, os quais organismos sensíveis a diferentes tipos de contaminantes e amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade do solo (Sarangi; Chakravorty; Das, 2024). O solo utilizado no ensaio foi o Neossolo Quartzarênico (solo Arenoso), coletado na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade, em Araranguá (SC), em área sem histórico de contaminação por pesticidas. Antes do uso, o solo foi peneirado (malha de 2 mm) e submetido a três ciclos de congelamento e descongelamento para eliminação da fauna pré-existente.

Os colêmbolos foram criados e mantidos em um substrato composto por carvão ativado em pó, gesso em pó e água destilada. O ambiente de criação foi controlado, mantendo uma temperatura de 20 ± 2 °C e um fotoperíodo de 12/12 horas de claro/escuro, conforme as diretrizes estabelecidas pela norma ISO 11267 (ISO, 2014). Os organismos foram alimentados semanalmente e, para a realização dos ensaios, foi realizada uma sincronização das culturas de modo a obter organismos com idades entre 10-12 dias de vida.

Os organismos foram expostos em amostra de solo contendo 5 concentrações de NPPS (25, 50, 100, 200 e 400 mg/kg) e um tratamento controle, contendo apenas água destilada. As amostras de solo foram contaminadas via solução aquosa (plástico diluído em água destilada), em volume suficiente para corrigir a umidade do solo para valores próximos a 60% de sua capacidade de retenção de água (CRA).

A Tabela 01 apresenta as concentrações adotadas da síntese de nanoplástico em mg de nanoplásticos por quilograma de solo seco e também os cálculos para aplicação em 150 gramas de solo de cada amostra (quantidade efetivamente utilizada nos ensaios).

Tabela 01 – Concentrações de nanoplásticos adotadas nos ensaios de toxicidade com a espécie *Folsomia candida* em solo tropical brasileiro.

Tratamento	mg/kg de solo seco	mg/150 g de solo seco
C0	0	0
C1	25	3,75
C2	50	7,5
C3	100	15
C4	200	30
C5	400	60

Fonte: elaborado pela autora (2025)

Após a contaminação do solo com as concentrações do nanoplástico, foram introduzidos dez organismos com idades sincronizadas em recipientes cilíndricos de vidro contendo 30 g de solo úmido, com cinco réplicas para cada tratamento. No início, e após 14 dias, aproximadamente 2 mg de levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) foram oferecidas como alimento e a umidade do meio de cultura foi ajustada com a adição de água destilada. Os recipientes permaneceram fechados ao longo do ensaio e foram abertos duas vezes por semana para renovação do ar interior e ajuste da umidade do solo.

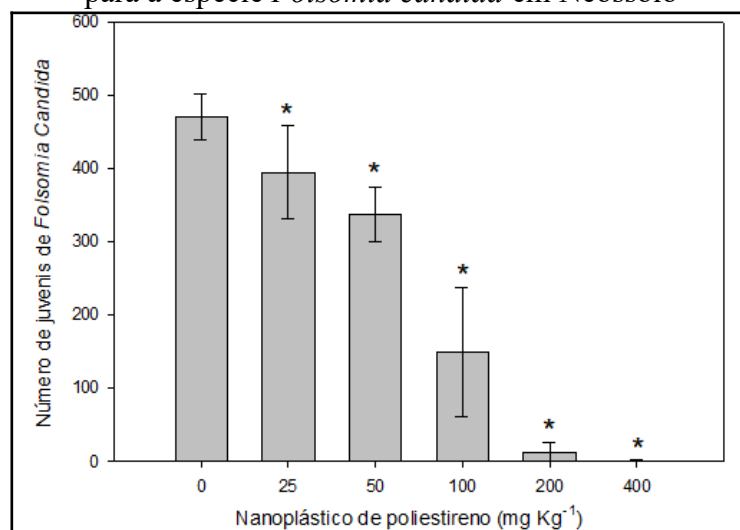
Após 28 dias do início do teste, o conteúdo dos recipientes foi submerso em água e adicionado gotas de tinta preta nanquim para melhorar a visualização dos organismos. Os colêmbolos foram fotografados para contagem no software ImageJ[®] para a contabilização dos juvenis gerados durante o teste e elaboração da análise estatística.

Os dados dos testes de toxicidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias dos tratamentos com diferentes concentrações de NPPS foram comparadas à média do tratamento controle por meio do teste de Dunnett. A concentração de efeito que resultou em uma redução de 50% na reprodução dos colêmbolos (EC50) foi estimada com base no modelo de regressão não-linear (Logístico) recomendado pela Environmental Canada (2007). Todas as análises estatísticas do estudo foram realizadas no software Statistica 13.0.

4 Resultados e Discussão

O gráfico dose-resposta (Figura 01) demonstrou que todas as concentrações testadas causaram efeitos significativos na reprodução de *F. candida*. A maior concentração que não apresentou efeito significativo (NOEC) foi o tratamento controle (0 mg/kg), enquanto a menor concentração que causou efeito significativo (LOEC) foi de 25 mg/kg. Observou-se inibição completa da reprodução na concentração de 400 mg/kg.

Figura 01 – Gráfico dose-efeito nos ensaios de toxicidade de nanoplásticos de poliestireno para a espécie *Folsomia candida* em Neossolo



Fonte: elaborado pela autora (2025)

O valor estimado do EC50 foi de 73 mg/kg. Entretanto, alguns autores, como, por exemplo Büks e Kaupenjohann (2020), identificaram que as concentrações médias de microplásticos no solo variam conforme o tipo de solo e a origem da contaminação, podendo atingir até 13000 partículas/kg e 4,5 mg/kg de solo seco em solos agrícolas expostos a lodo de esgoto. Embora não tenham sido encontrados registros sobre as concentrações de nanoplásticos em solos brasileiros, as concentrações de microplásticos encontrados até o momento são inferiores àquelas de efeito significativo em nosso estudo, demonstrando um risco relativamente baixo dessas substâncias para os colêmbolos no solo.

5 Conclusão

Os resultados indicaram que a presença de NPPS no solo pode ter um impacto negativo nos colêmbolos a partir da concentração de 25 mg/kg, embora as concentrações atualmente encontradas no solo não sejam suficientes para causar toxicidade.

Referências Bibliográficas

PLASTICSEUROPE – Association of Plastics Manufacturers. Plastics – the facts 2019: an analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels: PlasticsEurope, 2019. 42 p.

ISO 11267-2014. Soil quality — Inhibition of reproduction of *Collembola* (*Folsomia candida*) by soil contaminants. ISO - International Standardization Organization, 2014. 19 p

BLÄSING, M.; AMELUNG, W. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 612, p. 422–435, jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>.

BÜKS, F.; KAUPENJOHANN, M. Global concentrations of microplastics in soils – a review. **SOIL**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 649–662, 17 dez. 2020. <https://doi.org/10.5194/soil-6-649-2020>.

CORRADINI, F.; MEZA, P.; EGUILUZ, R.; CASADO, F.; HUERTA-LWANGA, E.; GEISSEN, V. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. [s. l.], [s. d.]. .

EFSA PANEL ON CONTAMINANTS IN THE FOOD CHAIN (CONTAM). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. **EFSA Journal**, [s. l.], v. 14, n. 6, jun. 2016. DOI 10.2903/j.efsa.2016.4501. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2903/j.efsa.2016.4501>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Jl, Z.; HUANG, Y.; FENG, Y.; JOHANSEN, A.; XUE, J.; TREMBLAY, L. A.; LI, Z. Effects of pristine microplastics and nanoplastics on soil invertebrates: A systematic review and meta-analysis of available data. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 788, p. 147784, set. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147784>.

SARANGI, P.; CHAKRAVORTY, P.; DAS, B. Insecticides and Soil *Collembola*: An Overview. **Ecology Environment and Conservation**, [s. l.], v. 30, p. (S361-S375), 1 ago. 2024. <https://doi.org/10.53550/EEC.2024.v30i04s.062>.

Palavras-chave: Plásticos; Contaminantes Emergentes; *Folsomia candida*; Poliestireno

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2024-0445

Financiamento

