



Potencial de insetos na biodegradação de polímeros sintéticos.

Thiago de Lima | thiago.l21@aluno.ifsc.edu.br ¹
Gabrieli Vitoria Trisnoski | gabrieli.vt@aluno.ifsc.edu.br ¹
Juliana Camargo Freitas | juliana.cf25@aluno.ifsc.edu.br ¹
Andressa Antunes Bortoti | andressa.bortoti@univille.br ²
João Paulo Pereira Paes | joao.paes@ifsc.edu.br ³
Cícero Venâncio Nunes Junior | cicero.junior@ifsc.edu.br ³

EDITAL N. 12/2025/PROPI/DAE

Trabalho de Pesquisa

DT 2 - Meio Ambiente, Agroindústrias, Territórios e Sustentabilidade Socioambiental

Resumo:

A produção em larga escala de polímeros sintéticos resulta no acúmulo de resíduos, impactando a cadeia trófica natural. Como alternativa, o uso de larvas de insetos é investigado para a despolimerização biotecnológica desses materiais. O objetivo desta revisão é analisar o potencial das larvas de insetos na biodegradação de polímeros sintéticos. A metodologia consistiu em uma revisão de literatura de artigos científicos. Os resultados evidenciam que essas larvas são capazes de ingerir e despolimerizar parcialmente polímeros sintéticos. O processo é majoritariamente dependente da simbiose com o microbioma intestinal, embora haja rotas independentes. Dietas compostas exclusivamente por plásticos induzem estresse fisiológico aos insetos, porém a suplementação com uma co-dieta orgânica mitiga esses danos. Conclui-se que a exploração biotecnológica, seja via larvas ou pelo isolamento de suas enzimas, é uma estratégia promissora para o tratamento de resíduos poliméricos em escala industrial.

Palavras-chave: biodegradação; polímeros; insetos; microbioma; biotecnologia.

¹ Estudante do curso de Agronomia do IFSC Câmpus Canoinhas.

² Docente da Univille Câmpus São Bento do Sul.

³ Servidor docente do IFSC Câmpus Canoinhas.

Introdução

A produção de polímeros industriais resulta em um drástico acúmulo de resíduos nos ecossistemas, reflexo direto de sua alta resistência, o que dificulta a reintegração desses materiais aos ciclos biológicos e impacta negativamente o meio ambiente (Geyer; Jambeck; Law, 2017).

Como a degradação natural desses materiais sintéticos é lenta, o uso de soluções biológicas surge como alternativa ecologicamente correta para o manejo de matrizes de difícil degradação (Yang *et al.*, 2017). Comprovada a existência de espécies capazes de processar polímeros persistentes, o emprego de larvas apresenta-se como uma alternativa promissora para o tratamento de resíduos sintéticos (Goveas *et al.*, 2023).

Portanto, o objetivo desta revisão é analisar como a utilização de larvas de insetos pode servir como estratégia biotecnológica para a degradação de polímeros sintéticos. Esta revisão integra os fundamentos teóricos do projeto institucional “Avaliação do potencial biotecnológico de *Tenebrio molitor* na biodegradação de resíduos da indústria coureira”, contribuindo para a contextualização do uso de larvas detritívoras como ferramenta biotecnológica em sistemas de gestão de resíduos.

Fundamentação teórica

A dinâmica produtiva de resinas e fibras sintéticas demonstra uma aceleração contínua, entre 1950 e 2015, foram geradas 7,8 bilhões de toneladas, sendo a maioria descartada no ambiente (Geyer; Jambeck; Law, 2017). A utilização de larvas para degradação plástica é uma estratégia sustentável para consumir resíduos persistentes (Goveas *et al.*, 2023). Espécies como *Tenebrio molitor*, *Tenebrio obscurus*, *Zophobas atratus* e *Galleria mellonella* são capazes de ingerir e despolimerizar sintéticos como polietileno (PE), poliestireno (PS), polipropileno (PP) e policloreto de vinila (PVC) (Peng *et al.*, 2020; Peng *et al.*, 2023a; Zhu *et al.*, 2021).

Essa eficiência conecta-se ao microbioma intestinal das larvas, que é moldado de forma distinta pela matriz polimérica ingerida (Lou *et al.*, 2020; Peydaei *et al.*, 2021). A biodegradação é acelerada pela sinergia entre o sistema digestivo e a atividade

microbiana, cuja investigação permite identificar enzimas biocatalizadoras úteis para a reciclagem de plásticos (Yang *et al.*, 2021).

Procedimentos metodológicos

Realizou-se uma revisão narrativa de literatura nas bases de dados Google Scholar, Portal de Periódicos da CAPES e ScienceDirect, conduzida em abril de 2026. Utilizaram-se os descritores booleanos (em português e inglês): "biodegradation", "plastics" OR "polymers", "microbiome" AND "insects". A busca retornou 136 artigos (73 no Google Scholar, 41 no ScienceDirect, 22 na CAPES). Foram adotados como critérios de inclusão artigos originais e revisões publicados entre 2017 e 2023, focados na degradação de plásticos por larvas e com análises do microbioma ou vias metabólicas. Excluíram-se estudos focados apenas em bactérias ou fungos isolados sem associação a insetos. A triagem inicial por título e resumo selecionou materiais pertinentes, restando 13 artigos representativos de alto impacto para a análise integral e composição dos resultados.

Resultados e discussões

A seleção de estudos em espécies como *T. molitor*, *T. obscurus*, *Z. atratus* e *G. mellonella* justifica-se por serem modelos biológicos globais com adaptações mastigatórias eficientes e microbiomas especializados na biodegradação de polímeros como PE, PS, PP e PVC. Análises demonstram a redução do peso molecular e modificações químicas notáveis (como a formação de grupos carbonila), indicando oxidação e mineralização parcial em CO₂ (Kim *et al.*, 2020; Lou *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021). A Tabela 1 resume esses desempenhos.

Tabela 1 – Potencial de biodegradação de polímeros por larvas

Espécie	Polímero	Bactérias	Eficiência
<i>T. molitor</i>	PE, PS, PP, PVC	<i>Spiroplasma</i> , <i>Kluyvera</i>	Redução 26,2% na MM do PVC
<i>T. obscurus</i>	PE, PS	<i>Enterococcus</i> , <i>Spiroplasma</i>	Redução 45,40% na MM do PE
<i>Z. atratus</i>	PS, PE, PP	<i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i>	Consumo 2.9mg/dia/larva (PS)
<i>G. mellonella</i>	PE, PS, ABS	<i>Enterococcus</i> , <i>Serratia</i>	Aumento 4,45% na MM do PS

Fonte: elaborada pelo autor a partir de informações do (Kim *et al.*, 2020; Lou *et al.*, 2020; Peng *et al.*, 2023a; Yang *et al.*, 2021).

A relevância da microbiota nesse processo é evidenciada por ensaios de supressão por antibióticos, onde comprovaram que a inibição bacteriana cessa a despolimerização de plásticos como PS e PP, sugerindo uma rota microbiota-dependente (Peng *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2020). Contudo, demonstrou-se também uma rota microbiota-independente para o PE em larvas de *T. obscurus* e *T. molitor*, nas quais a despolimerização ocorre mesmo sob supressão microbiana, indicando a participação de enzimas endógenas próprias da larva (Yang *et al.*, 2021).

A ingestão polimérica remodela a comunidade microbiana das larvas, favorecendo gêneros degradadores, destacando-se *Enterococcus*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Enterobacter* (Peydaei *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2021). A identificação de enzimas provenientes desses microrganismos, como a serina hidrolase, confirma a via catalítica de quebra (Kim *et al.*, 2020).

Entretanto, dietas restritas a plásticos impõem altos custos fisiológicos. O consumo exclusivo de polímeros gera estresse oxidativo, reduz a biomassa e derruba as taxas de sobrevivência, que caem para cerca de 81,3% no caso de matrizes de PVC (Peng *et al.*, 2023a; 2023b). Contudo, a suplementação nutricional com uma co-dieta orgânica específica (como farelo de trigo para *Tenebrio spp.* ou cera de abelha para *G. mellonella*) mitiga esses danos oxidativos, eleva a taxa de sobrevivência e acelera as taxas absolutas de consumo do plástico (Lou *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2017). Apesar do potencial promissor, o uso no contexto brasileiro exige instalações de biossegurança máxima. Tratando-se de espécies exóticas, eventuais escapes para ambientes naturais podem gerar desequilíbrios graves na cadeia trófica nacional.

Considerações finais

A biodegradação de polímeros sintéticos é impulsionada pela simbiose inseto-microbiota. Biotecnologicamente, a via *in vivo* (biorreatores com larvas) exige rigoroso controle contra invasão de espécies exóticas e constante suplementação nutricional. No entanto, a via *in vitro* foca no sequenciamento e na produção de suas enzimas (como a serina hidrolase), dispensando o cultivo contínuo de larvas.

Pesquisas futuras devem priorizar a proteômica e a aplicação destas enzimas em matrizes complexas, como os resíduos da indústria coureira, validando o modelo para processos industriais de reciclagem.

Referência ao fomento recebido

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) - Câmpus Canoinhas pelo espaço concedido em seus laboratórios, ao apoio financeiro fornecido ao projeto de pesquisa intitulado "Avaliação do potencial biotecnológico de *Tenebrio molitor* na biodegradação de resíduos da indústria coureira" assim como a bolsa de iniciação científica, referente ao EDITAL N. 12/2025/PROPPI/DAE.

Referências

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, Washington, v. 3, n. 7, e1700782, 2017. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.

GOVEAS, L. C. *et al.* Microplastics occurrence, detection and removal with emphasis on insect larvae gut microbiota. **Marine Pollution Bulletin**, London, v. 188, 114580, 2023. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114580.

KIM, H. R. *et al.* Biodegradation of Polystyrene by *Pseudomonas sp.* Isolated from the Gut of Superworms (Larvae of *Zophobas atratus*). **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 54, n. 11, p. 6987-6996, 2020. DOI: 10.1021/acs.est.0c01495.

LOU, Y. *et al.* Biodegradation of polyethylene and polystyrene by greater wax moth larvae (*Galleria mellonella* L.) and the effect of co-diet supplementation on the core gut



microbiome. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 54, n. 5, p. 2821-2831, 2020. DOI: 10.1021/acs.est.9b07044.

PENG, B.-Y. *et al.* Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 266, 115206, 2020. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115206.

PENG, B.-Y. *et al.* Unveiling the residual plastics and produced toxicity during biodegradation of polyethylene (PE), polystyrene (PS), and polyvinyl chloride (PVC) microplastics by mealworms (Larvae of *Tenebrio molitor*). **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 452, 131326, 2023a. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131326.

PENG, B.-Y. *et al.* Biodegradation of polyethylene (PE) microplastics by mealworm larvae: Physiological responses, oxidative stress, and residual plastic particles. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 402, 136831, 2023b. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136831.

PEYDAEI, A. *et al.* Mastication of polyolefins alters the microbial composition in *Galleria mellonella*. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 280, 116877, 2021. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.116877.

YANG, S.-S. *et al.* Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. **Chemosphere**, Oxford, v. 191, p. 979-989, 2017. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.10.117.

YANG, S.-S. *et al.* Biodegradation of Polypropylene by Yellow Mealworms (*Tenebrio molitor*) and Superworms (*Zophobas atratus*) via Gut-microbe-dependent Depolymerization. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 756, 144087, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144087.

YANG, S.-S. *et al.* Confirmation of biodegradation of low-density polyethylene in dark-versus yellow- mealworms (larvae of *Tenebrio obscurus* versus *Tenebrio molitor*) via gut microbe-independent depolymerization. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 789, 147915, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147915.

YANG, Y.; WANG, J.; XIA, M. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 708, 135233, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135233.

ZHU, P. *et al.* Biodegradation of plastics from waste electrical and electronic equipment by greater wax moth larvae (*Galleria mellonella*). **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 310, 127346, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127346.