



DEGRADAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS POR *Bacillus* spp.: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Ana Laura da Silva Carvalho¹, Caroline Ferreira Fernandes², Nilson Veloso Bezerra³,
Juliana Hiromi Emin Uesugi⁴

¹ Acadêmica de Biomedicina. Universidade do Estado do Pará. E-mail do autor principal:
lauradas974@gmail.com

² Mestranda em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará. E-mail:
carol.ferreira2317@gmail.com

³ Doutor em Entomologia. Universidade do Estado do Pará: E-mail: nbezerra@yahoo.com

⁴ Mestranda em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará. E-mail do orientador:
julianahuesugi@gmail.com

RESUMO

Objetivo: Foi descrito no presente estudo o potencial de biodegradação de microplásticos por bactérias do gênero *Bacillus* sp. **Método:** Trata-se de uma revisão sistemática cuja busca de artigos foi realizada nas bases de dados PubMed®, Web of Science e Science Direct seguindo as orientações das diretrizes PRISMA-P. **Resultados e Discussão:** Foram encontrados 196 artigos, dos quais 10 atenderam aos critérios de inclusão. Na Análise da Taxa de Perda de Peso Molecular, *B. gaemokensis* e *B. cereus* destacaram-se na degradação de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), com *B. cereus* mostrando eficiência no Poliestireno. Nos testes de Microscopia Eletrônica de Varredura, as cepas de *B. thuringiensis* e *B. cereus* desempenharam deformações na superfície de PE e PEBD, enquanto que na análise de Infravermelho por Transformada de Fourier, evidenciou que o *B. cereus* fragmentou a cadeia do PEBD, por meio da oxidação. **Conclusão:** Os resultados apresentados reforçam a importância de realizações de mais pesquisas sobre essa temática.

Palavras-chave: *Bacillus*; Microplásticos; Biodegradação Ambiental.

Área temática: Bacteriologia.

Realização



Apoio





INTRODUÇÃO

Os produtos plásticos são amplamente produzidos devido à sua durabilidade e baixo custo. No entanto, o descarte inadequado desses materiais pode causar acúmulos em ambientes marinhos e terrestres, resultando em alterações físico-químicas no ambiente, como a redução da ciclagem de nutrientes e do ciclo do carbono, estresse oxidativo, distúrbios reprodutivos e na própria estrutura desse material (Hossain *et al.*, 2024). Esses poluentes podem ser transferidos para os animais e seres humanos através da cadeia alimentar, o que facilita a fragmentação dos plásticos em pedaços menores, chamados de microplásticos (Yuan *et al.*, 2022).

O gênero *Bacillus* é uma das espécies recorrente na biodegradação de microplásticos, uma vez que os converte em fontes metabólicas a partir da secreção de enzimas extracelulares, as quais auxiliam no rompimento das ligações químicas dos microplásticos (Ragu Prasath; Selvam; Sudhakar, 2024). Tendo em vista os impactos ambientais causados pelo acúmulo de microplásticos no ambiente, é de extrema importância buscar novas abordagens para a remoção desses contaminantes. A utilização de bactérias com capacidade biorremediadora desse tipo de material é uma alternativa valiosa para a amenização do problema. Nesse viés, o presente trabalho tem como objetivo descrever o potencial de biodegradação de microplásticos por bactérias do gênero *Bacillus sp.*

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática elaborada com base nos critérios estabelecidos pelo PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols) para revisões (Page *et al.*, 2021). O estudo incluiu trabalhos *in vitro* acerca do potencial degradador de microplásticos por *Bacillus spp.* publicados entre os anos de 2019 e 2024 nos idiomas português e inglês.

Para a pesquisa foram utilizadas as bases de dados PubMed, Web of Science e Science Direct, nas quais foram empregados os Descritores de Ciências da Saúde (DeCS/Mesh) combinados com os operadores *booleanos* “AND” e “AND NOT” de modo a obter a seguinte estratégia de busca: “Bacillus” AND “Microplastic” AND “Biodegradation” AND NOT “Fungi”.

Realização



Apoio





A seleção dos artigos foi realizada na plataforma Parsifal (<https://parsif.al/>), sendo incluídos artigos completos publicados entre 2019 e 2024 que tratassem do potencial de biodegradação de microplásticos por *Bacillus spp.* Foram excluídos capítulos de livros, teses, dissertações e cartas ao editor, artigos publicados fora do período estipulado e artigos com bactérias de outros gêneros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 196 artigos das plataformas: Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (Pubmed Central) (41), Scopus (47) e Web of science (68), dos quais 10 cumpriram os critérios de inclusão. O microplástico mais testado foi o Polietileno tanto de baixa quanto de alta densidade. Esse plástico não-biodegradável baseado em polímeros de petróleo (Prasath; Selvam; Sudhakar, 2024), é um dos mais usados no mundo, principalmente em Produtos Plásticos de Uso Único (SUP), como sacolas plásticas, embalagens, entre outros (Hossain *et al.*, 2024).

No estudo de Ragu Prasath *et al.* (2024), foi identificada na flora intestinal das minhocas, de um depósito de lixo na Índia, a cepa de *Bacillus gaemokensis*. Essa bactéria foi capaz de metabolizar o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), apresentando uma taxa de perda de peso molecular de 30% em 14 dias de experimento. Esse resultado mostra uma inovação, uma vez que esse tipo de amostra não é convencionalmente utilizada em trabalhos nesse viés. Além disso, a contaminação ambiental por plásticos, principalmente no solo, pode ser disseminada e consumida pelas minhocas através da sua ingestão, reforçando a ideia de explorar novas estratégias para minimizar os impactos no meio ambiente.

A utilização do *Bacillus cereus* na degradação do Poliestireno (PS), foi estudada por Yuan *et al.* (2022), o PS é um dos microplásticos mais complexos em sua cadeia estrutural, em virtude dos anéis de estireno. A cepa alcançou uma taxa de perda de peso de 10,7% em 50 dias, sendo eficiente em utilizá-lo como fonte de carbono. Por outro lado, no trabalho de Jayan *et al.* (2023), a cepa de *B. cereus* foi capaz reduzir em 43% durante 120 dias o peso molecular do PEBD. Em outras palavras, os resultados demonstram que esta espécie possui maior propensão à degradação de PEBD quando comparado ao PS, possivelmente devido a sua baixa complexidade estrutural.

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), é usada para realizar uma análise

Realização



Apoio





II SEMANA DA MICROBIOLOGIA

comparativa antes e após a interação do plástico com as bactérias. No trabalho de Yun *et al.* (2023), a placa controle, contendo PE, usada no teste permaneceu com suas superfícies lisas enquanto que o teste contendo uma cepa de *Bacillus thuringiensis* apresentou rachaduras no material de plástico. De modo semelhante, os resultados de Yuan *et al.* (2022) e Jayan *et al.* (2023) também utilizando *B. cereus*, constaram que a espécie promoveu deformações estruturais na morfologia dos filmes de PE e PEBD. Essas mudanças facilitam a adesão de colônias bacterianas e, conseqüentemente, a produção de enzimas extracelulares, por meio do estresse criado.

Os microrganismos podem decompor os polímeros em duas fases, primeiro sendo a adesão das cepas na superfície do plástico e a liberação de enzimas capazes de clivar as cadeias (Park; Kim, 2019). Ragu Prasath *et al.* (2024) evidenciou que muitas bactérias, como o *Bacillus gaemokensis* secretam enzimas extracelulares no processo de degradação, devido a carência de carbono no ambiente e elas auxiliam na quebra das cadeias de polímeros, estas podem ser chamadas, como hidroxilases, peroxidases, oxidases, lacases e esterase. Widyananto *et al.* (2021) exemplificou em seu trabalho a presença da enzima esterase, identificando por zona clara formada ao redor da bactéria *B. paramycoides*, tornando-a promissora na despolimerização de plástico Polietileno de Alta Densidade.

A análise de Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR) é uma técnica utilizada para identificar alterações nos grupos funcionais de microplásticos. Mishra *et al.* (2024) observou que a espécie *B. cereus* foi apta em fragmentar cadeias longas formadas por alcanos e promover a conversão destes em grupos funcionais capazes de serem digeridos pelo metabolismo bacteriano, como éteres, aldeídos, ácidos carboxílicos, entre outros, por meio da oxidação do PEBD. Esses resultados demonstram que as bactérias conseguem efetivar uma de suas etapas da biodegradação que é a secreção de enzimas extracelulares que auxiliam nessas mudanças nas ligações químicas.

CONCLUSÃO

A biodegradação de microplásticos por microrganismos é essencial na discussão no contexto ambiental diante dos impactos causados pelas atividades antrópicas. Bactérias do gênero *Bacillus spp.* representam um grupo bem-sucedido nesse processo, uma vez que são muito bem adaptáveis a diversos ambientes, destacando as espécies

Realização



Apoio





Bacillus gameokensis e *Bacillus cereus* que tiveram o melhor potencial de degradar plásticos durante os testes. Os resultados apresentados fornecem informações valiosas para futuros estudos e reforçam a importância de realizações de mais pesquisas sobre essa temática, explorando a diversidade microbiana e seus metabolismos no combate à poluição por plásticos.

REFERÊNCIAS:

JAYAN, N. *et al.* The escalated potential of the novel isolate *Bacillus cereus* NJD1 for effective biodegradation of LDPE films without pre-treatment. **Journal of hazardous materials**, v. 455, n. 131623, p. 131623, 2023.

HOSSAIN, S. *et al.* Biodegradation of polyethylene (PE), polypropylene (PP), and polystyrene (PS) microplastics by floc-forming bacteria, *Bacillus cereus* strain SHBF2, isolated from a commercial aquafarm. **Environmental science and pollution research international**, v. 31, n. 22, p. 32225–32245, 2024.

MISHRA, R. *et al.* Exploring genetic landscape of low-density polyethylene degradation for sustainable troubleshooting of plastic pollution at landfills. **The Science of the total environment**, v. 912, n. 168882, p. 168882, 2024.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021.

PARK, Y. S.; KIM, G. C. Biodegradation of micro-polyethylene particles by bacterial colonization of a mixed microbial consortium isolated from a landfill site. **Chemosphere**. v. 222, p. 527-533, 2019.

RAGU PRASATH, A.; SELVAM, K.; SUDHAKAR, C. Biodegradation of low-density polyethylene film by *Bacillus gaemokensis* strain SSR01 isolated from the guts of earthworm. **Environmental geochemistry and health**, v. 46, n. 5, p. 159, 2024.

YUAN, J. *et al.* Microbial degradation of polystyrene microplastics by a novel isolated bacterium in aquatic ecosystem. **Sustainable chemistry and pharmacy**, v. 30, n. 100873, p. 100873, 2022.

YUN, S.-D. *et al.* Exploring a new biocatalyst from *Bacillus thuringiensis* JNU01 for polyethylene biodegradation. **Environmental science & technology letters**, v. 10, n. 6, p. 485–492, 2023.

WIDYANANTO, A. P. *et al.* Biodegradation of Polyethylene Microplastic using Culturable Coral Associated Bacteria Isolated from Corals of Karimunjawa National Park. **ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences**. v. 26, n. 237-246, 2021.

Realização



Apoio

