

ISOLAMENTO DE MICRORGANISMOS DE SEDIMENTO DE MANGUEZAL DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, COM POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DE PLÁSTICO

Felipe Moraes Frasão da Silva¹; Hanna Vitória Azevedo Martins²; Débora Melissa Pinheiro Araujo³; Vitor Manoel Costa Nunes⁴; Iven Neylla Farias Vale Mendes⁵; Cristina de Andrade Monteiro⁶;

Resumo

A poluição por plásticos em ecossistemas costeiros representa um desafio ambiental crescente, comprometendo a biodiversidade e a qualidade dos manguezais. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de microrganismos presentes em sedimentos de manguezal do Maranhão em degradar polímeros plásticos. Para isso, amostras de solo foram coletadas, preparadas em meio mineral seletivo e submetidas a ensaios de degradação indireta, por precipitação de carbonato de cálcio via reação de neutralização, e direta, por perda de massa de fragmentos de Polietileno de Alta densidade (PEAD) em discos e tiras. Os resultados indicaram atividade microbiana associada à degradação do polímero, confirmando o potencial dessas comunidades como alternativa biotecnológica para mitigação da poluição por resíduos plásticos.

Palavras-chave: Manguezal. Biodegradação. Sustentabilidade.

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

Introdução

A poluição dos manguezais maranhenses é uma preocupação ambiental crescente, resultante do descarte inadequado de resíduos sólidos, lançamentos de esgotos sem tratamento e expansão urbana desordenada. Esses impactos comprometem a

¹ Estudante do Curso de Licenciatura em Química do IFMA do Campus São Luís Monte Castelo; silva.frasao@acad.ifma.edu.br.

² Estudante do Curso de Licenciatura em Química do IFMA do Campus São Luís Monte Castelo; hanna.martins@acad.ifma.edu.br.

³ Estudante do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMA do Campus São Luís Monte Castelo; araujodebora@acad.ifma.edu.br.

⁴ Estudante do Curso Técnico em Eletrônica do IFMA do Campus São Luís Monte Castelo; manoelnunes@acad.ifma.edu.br.

⁵ Professora Doutora do Curso de Ciências Biológicas do IFMA Campus São Luís Monte Castelo; iven.mendes@ifma.edu.br.

⁶ Professora Doutora do Curso de Ciências Biológicas do IFMA Campus São Luís Monte Castelo; cristinamonteiro@ifma.edu.br.

biodiversidade, a qualidade da água e o equilíbrio do solo, ameaçando espécies que dependem desse ecossistema (Souza; Nascimento, 2020). Pesquisas indicam que a poluição altera a composição microbiana dos sedimentos, favorecendo microrganismos adaptados a escassez de nutrientes (Santos *et al.*, 2019). A presença de plásticos, metais pesados e outros contaminantes reforçam a urgência de medidas para a preservação desse bioma (Lima; Silva, 2021). Entre 1984 e 2014, a área de manguezais na Ilha do Maranhão reduziu de 11,09% (157,67 km²) para 5,78% (81,57 km²), refletindo uma perda significativa de cobertura vegetal (Santos *et al.*, 2015). Em escala global, cerca de 67% dos manguezais foram degradados por atividades humanas, como agricultura, exploração madeireira e poluição (Synergia Consultoria, 2022).

Diante da problemática dos resíduos plásticos, alternativas como incineração, aterros e reciclagem apresentam limitações ambientais e econômicas (Rhodes, 2018). Nesse contexto, a biodegradação surge como alternativa sustentável, utilizando microrganismos capazes de decompor polímeros sem gerar impactos severos (Amobonye *et al.*, 2020). Estudos já identificaram bactérias e fungos com essa capacidade, incluindo os gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Trichoderma*, que degradam plásticos ao utilizá-los como única fonte de carbono (Yoshida *et al.*, 2016; Muthukumar; Veerappapillai, 2015). Os manguezais, por sua singularidade ecológica, abrigam microrganismos com potencial biotecnológico, especialmente na produção de enzimas degradadoras de plásticos (Santos *et al.*, 2020; Ren; Ni, 2023). Assim, a investigação desses microrganismos representa uma estratégia promissora para mitigar os impactos ambientais do acúmulo de resíduos. Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar a capacidade de microrganismos presentes nos sedimentos de manguezal de São Luís, Maranhão em degradar plásticos, visando identificar alternativas biológicas para a redução da poluição ambiental.

Metodologia

Foram coletadas amostras de solo em cinco pontos de um manguezal no Ipase (São Luís-MA), armazenadas em temperatura ambiente para análises posteriores. Sacolas de polietileno de alta densidade (PEAD) foram cortadas, higienizadas e esterilizadas, sendo incorporadas a meio mineral estéril preparado com sais específicos. As amostras de solo (2 g) foram diluídas em solução salina, agitadas e inoculadas em erlenmeyers contendo fragmentos de PEAD. Após incubação, alíquotas foram transferidas para meio Batata caseiro e cultivadas a 30 °C por 72 h para isolamento de colônias. A degradação foi avaliada indiretamente por precipitação de carbonato de cálcio (CaCO₃), resultante de

reação de neutralização entre o meio ácido e o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), e diretamente pela perda de massa de fragmentos de PEAD em discos e tiras, após 14 dias.

Resultados e Discussão

Os solos de manguezal após a retirada foram realizados a medição de temperatura e aferição de pH, conforme a tabela abaixo.

Tabela 1 - Dados da medição de temperatura e aferição de pH das amostras de sedimento dos pontos da coleta do Manguezal do Ipase, São Luís-Ma

Ponto	Temperatura (°C)	pH
1	25,6°C	7,63
2	25,7°C	7,58
3	25,6°C	6,47
4	25,6°C	4,58
5	25,7°C	8,43

O meio de cultura não apresentou turbidez, confirmando uma dissolução completa dos sais e agrupamento das sacolas de polietileno em minúsculos pedaços, visando uma interação maior com micro-organismos como mostra a figura 1.

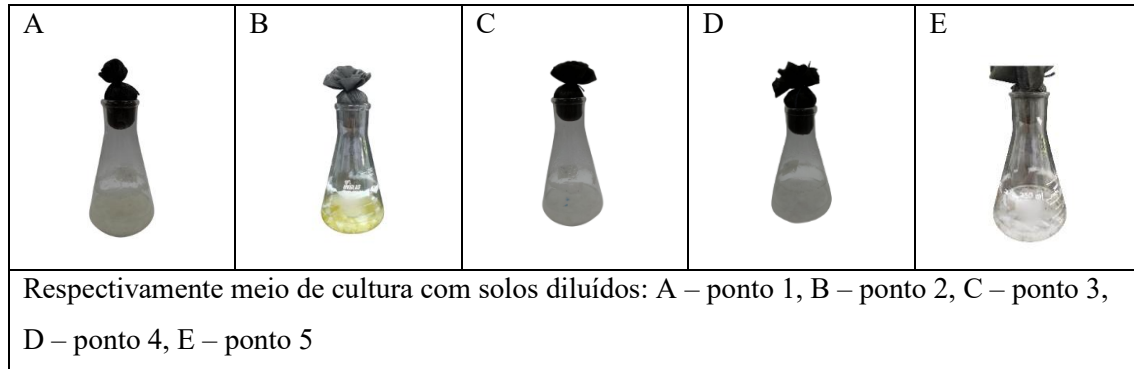
Figura 1 - Meio de cultura contendo sacolas de polietileno de alta densidade (PEAD).

Fonte: Autor, 2025



Durante a agitação, os erlenmeyers contendo o meio de cultura e os solos diluídos dos pontos de 1 a 5 apresentaram significativa turbidez e aparente desgaste das sacolas de polietileno, caracterizando a presença de agentes microbiológicos.

Figura 2 - Meio de cultura com PEAD, contendo sedimentos de manguezal diluído após 14 dias de agitação. Fonte: Autor, 2025.



Foram identificados e isolados nos pontos de coleta do Ipase, durante 7 e 14 dias, colônias de microrganismos, alguns apresentando características de fungo do tipo micelial, outros leveduriforme além da identificação de uma actinobactéria.

Figura 3 - Registro fotográfico de colônias dos microrganismos de sedimentos de manguezal. Fonte: Autor, 2025.

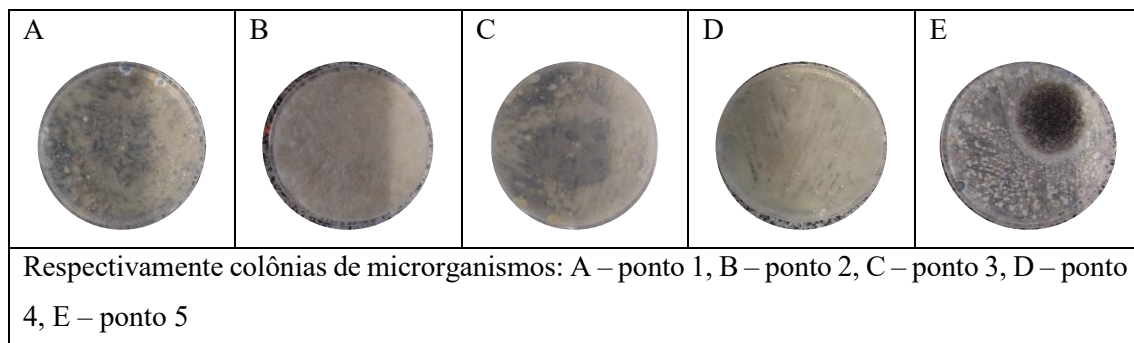
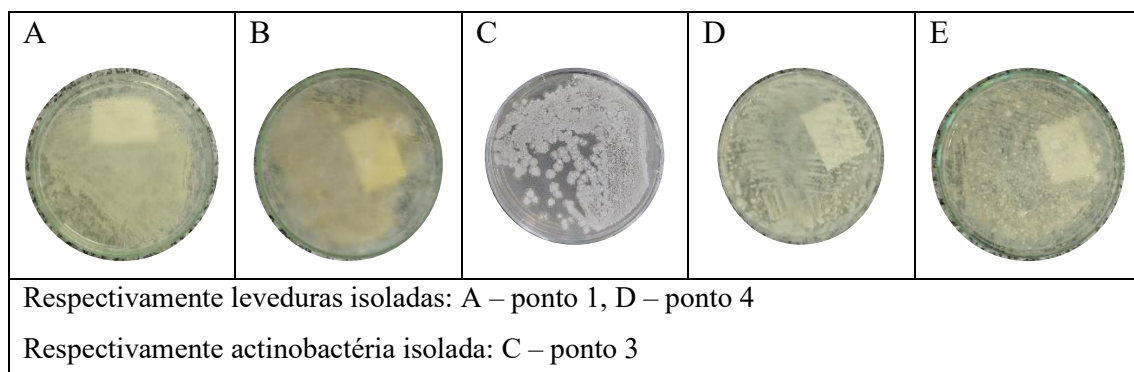


Figura 4 - Registro fotográfico dos microrganismos isolados dos sedimentos de manguezal. Fonte: Autor 2025

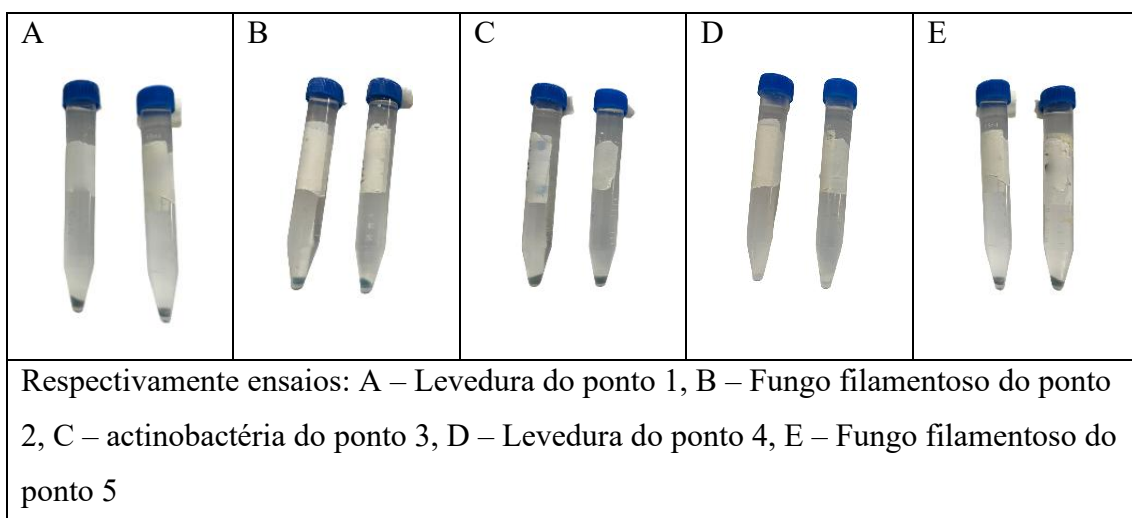


Respectivamente filamentosos isolados: B – ponto 2, E – ponto 5

Os resultados obtidos tornam claro a importância de um meio de cultura seletivo afim de criar condições para que ocorra o desenvolvimento microbiano tendo o carbono, presente nas sacolas de polietileno, como o fator principal para tal ação. O carbono é um dos principais componentes das moléculas orgânicas presentes nas células bacterianas, sendo crucial para a produção de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. (Silva; Reis, 2012). Segundo Oliveira et al. (2021) "o fornecimento adequado de uma fonte de carbono no meio de cultura permite aos microrganismos obter energia e formar os componentes estruturais necessários para sua sobrevivência" (p. 4).

Nos ensaios realizados com Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2) $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, todos os tratamentos apresentaram resultados positivos quanto à degradação do polietileno. Após 14 dias de incubação, verificou-se a formação de precipitado sólido em todos os frascos analisados, confirmado como Carbonato de Cálcio (CaCO_3) pela reação com ácido acético, que resultou na liberação de dióxido de carbono (CO_2). Esse comportamento indica atividade metabólica microbiana associada à degradação do polietileno, uma vez que a produção de subprodutos minerais, como o carbonato, é frequentemente relatada em processos de biodegradação de polímeros (Ojha et al., 2017).

Figura 5 - Registro fotográfico de tubos do tipo Falcon contendo o precipitado de carbonato de cálcio (CaCO_3) após 14 dias de incubação. Fonte: Autor, 2025.



Os testes de degradação direta do PEAD evidenciaram resultados positivos, uma vez que as amostras analisadas apresentaram redução da massa inicial após o período de

14 dias. Os valores obtidos para diferentes formatos em disco e tiras encontram-se sistematizados na tabela 2, permitindo a observação quantitativa da perda de material polimérico. De modo complementar, a representação gráfica dos percentuais médios de perda de massa (Figura 6) possibilita uma visualização comparativa mais clara do comportamento de degradação entre os dois formatos de amostras. Foi observado que os microrganismos dos pontos 2 e 3 apresentaram as maiores taxas percentuais de degradação, que também foram reforçadas visualmente pelas figuras 7 e 8.

Tabela 2 - Perda de massa relativa (%) de amostras em disco e tiras dos microrganismos isolados dos pontos de coleta do Ipase, São Luís-MA. Fonte: Autor, 2025.

Micro-organismos	Formato	Massa inicial média (g)	Massa final média (g)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
Levedura Ponto 1	Disco	0,0600g	0,0572g	0,0028g	4,66%
	Tiras	0,0093g	0,0082g	0,0011g	11,8%
Fungo Filamentoso Ponto 2	Disco	0,0600g	0,0507g	0,0093g	15,5%
	Tiras	0,0093g	0,0072g	0,0021g	22,5%
Actinobactéria Ponto 3	Disco	0,0600g	0,0548g	0,0052g	8,66%
	Tiras	0,0093g	0,0078g	0,0015g	16,1%
Levedura Ponto 4	Disco	0,0600g	0,0579g	0,0021g	3,5%
	Tiras	0,0093g	0,0086g	0,0007g	7,52%
Fungo Filamentoso Ponto 5	Disco	0,0600g	0,0552g	0,0048g	8,0%
	Tiras	0,0093g	0,0088g	0,0005g	5,37%

Figura 6 – Perda percentual do PEAD em discos e tiras. Fonte: Autor, 2025

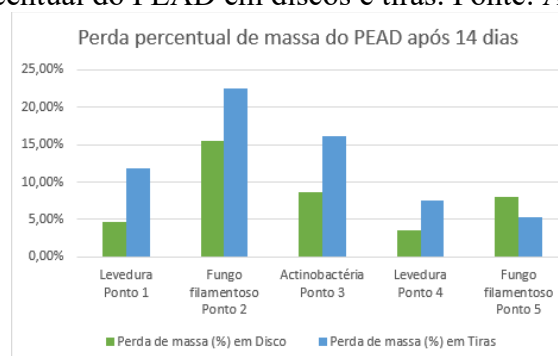


Figura 7 - Registros fotográficos dos ensaios de degradação direta com o PEAD em tiras.

Fonte: Autor, 2025.

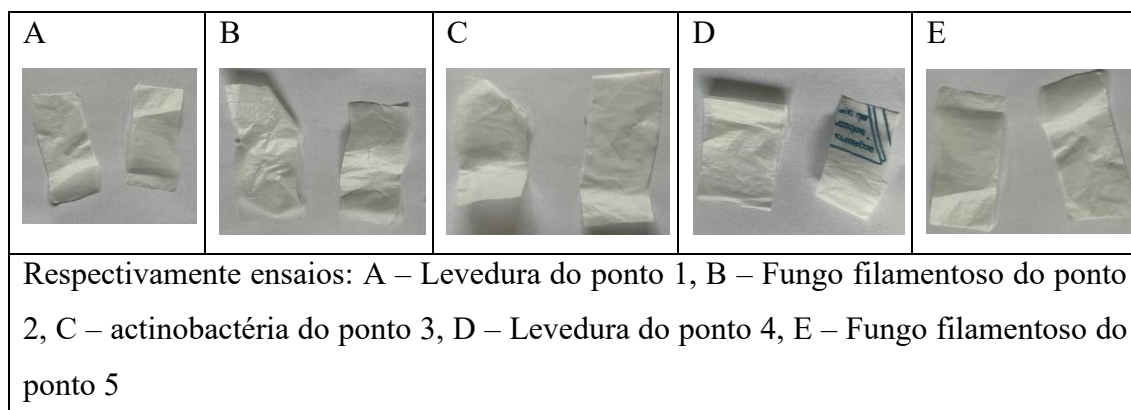
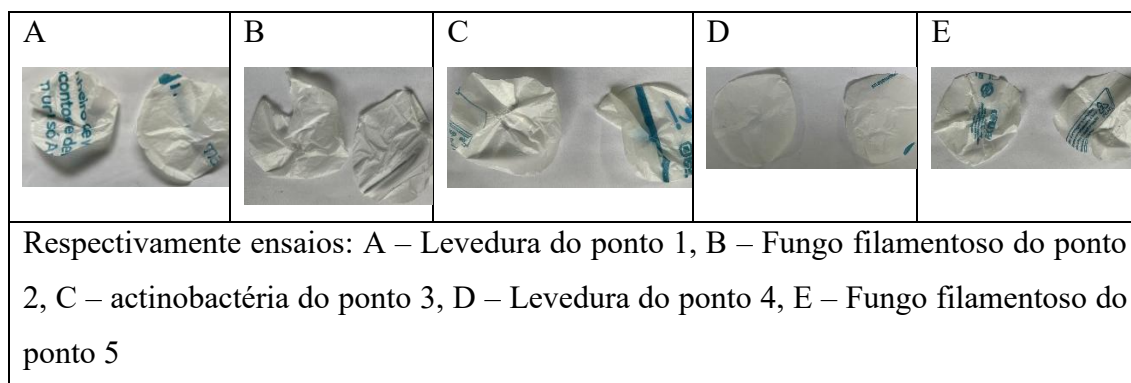


Figura 8 - Registros fotográficos dos ensaios de degradação direta com o PEAD em disco.

Fonte: Autor, 2025.



Os microrganismos que apresentaram maior percentual de degradação (filamentososo do ponto 2 e actinobactéria do ponto 3) apresentam uma localização bastante impactada pelo descarte indevido de polímeros plásticos. Autores como Razak et al. (2024) destacam que ambientes contaminados favorece a seleção de agente microbiológicos capazes de metabolizar resíduos, tendo em vista as condições desfavoráveis para o desenvolvimento natural dos mesmos. Além disso, a maior atividade de degradação observada nos isolados de morfologia filamentososa e na actinobactéria pode ser atribuída a capacidade desses grupos em colonizar superfícies poliméricas, formar biofilmes e secretar enzimas extracelulares capazes de oxidar e fragmentar essas cadeias (Cai et al., 2023). Esses mecanismos (adesão, biofilme e ação enzimática) podem explicar por que, nos ensaios realizados, um fungo filamentososo e uma actinobactéria apresentaram os maiores percentuais de perda de massa frente ao PEAD.

O período de incubação adotado de 14 dias pode ser considerado relativamente curto quando comparado a outros trabalhos que investigam a degradação por microrganismos. Estudos como o de Ojha et al. (2017) demonstraram que a degradação de polietileno de alta densidade por fungos pode demandar períodos superiores a 30 dias para evidenciar alterações significativas de massa ou estrutura polimérica. Contudo, os ensaios com os fungos e actinobactéria apresentaram percentuais expressivos em um curto tempo, esse comportamento sugere que, mesmo em um intervalo experimental restrito, houve interação metabólica entre os microrganismos e o polímero, o que reforça o potencial dessas comunidades microbianas em ambientes contaminados por resíduos plásticos.

Conclusão

O estudo evidenciou o potencial de microrganismos presentes em sedimentos de manguezal como alternativa biológica para a degradação de plásticos, em especial do polietileno de alta densidade. A investigação reforça a importância desses ecossistemas como reservatórios de espécies com aplicação biotecnológica, capazes de contribuir para soluções sustentáveis frente ao acúmulo de resíduos poliméricos. Assim, os resultados demonstram a relevância do tema e ressaltam a necessidade de ampliar pesquisas nessa área, visando estratégias eficazes de mitigação da poluição ambiental.

Agradecimentos

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pelo financiamento, ao Instituto Federal do Maranhão pelo apoio institucional e aos colaboradores do LPBIOTEC (Laboratório de Pesquisa em Microbiologia, Bioprospecção e Biotecnologia do IFMA-Monte Castelo) pela contribuição durante o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

Amobonye, A., Bhagwat, P., Singh, S. *et al.*, Plastic biodegradation: Frontline microbes and their enzymes, **Science of the Total Environment** 2020, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143536

Ab Razak, N. A. S., Habib, S., Shukor, M. Y. A., Alias, S. A., Smykla, J., & Yasid, N. A. (2024). *Isolation and Characterisation of Polypropylene Microplastic-Utilising*

Bacterium from the Antarctic Soil. arXiv preprint arXiv:2401.02096.
<https://arxiv.org/abs/2401.02096>

CAI, Zeming; LI, Minqian; ZHU, Ziyang; WANG, Xiaocui; HUANG, Yuanyin; LI, Tianmu; GONG, Han; YAN, Muting. Biological Degradation of Plastics and Microplastics: A Recent Perspective on Associated Mechanisms and Influencing Factors. *Microorganisms*, v. 11, n. 7, p. 1661, 2023.

LIMA, T. S.; SILVA, M. C. O impacto dos resíduos sólidos nos manguezais: relato de um caso na Ilha de São Luís/MA. *Revista Científica de Ecologia e Sustentabilidade*, v. 14, n. 3, p. 112-127, 2021.

Muthukumar, A. Veerappapillai, S. Biodegradation of plastics: a brief review. *Internat J. Pharmaceutical Sciences Review and Research*, v.31, p.204-209, 2014.

OLIVEIRA, C. R. et al. Formulação de meios de cultura para crescimento bacteriano: uma abordagem sobre fontes de carbono e nitrogênio. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 6, n. 10, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ciencias-biologicas/meios-de-cultura>. Acesso em: 28 mar. 2025.

OJHA, Nupur; PRADHAN, Neha; SINGH, Surjit; BARLA, Anil; SHRIVASTAVA, Anamika; KHATUA, Pradip; RAI, Vivek; BOSE, Sutapa. Evaluation of HDPE and LDPE degradation by fungus, implemented by statistical optimization. *Scientific Reports*, v. 7, n. 39515, 2017. DOI: 10.1038/srep39515.

Ren, S.Y.; Ni, H.G. Biodeterioration of Microplastics by Bacteria Isolated from Mangrove Sediment. *Toxics* 2023, 11, 432. doi.org/10.3390/toxics11050432

Rhodes CJ. Plastic pollution and potential solutions. *Sci Prog.* 2018 Sep 1;101(3):207-260. doi: 10.3184/003685018X15294876706211.

SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, R. M.; ALMEIDA, L. A. Perda da cobertura vegetal dos manguezais na Ilha do Maranhão: uma análise temporal (1984-2014). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 4, p. 1203-1215, 2015.

Santos, A. L. *et al.* The contribution of microbial biotechnology to mitigating plastic waste. 2020. **Brazilian Journal of Microbiology**, 51(3), 1175-1184.

SOUZA, L. R.; NASCIMENTO, P. F. A degradação do manguezal do Igarapé do Jaracati em São Luís - MA. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 18, n. 2, p. 85-102, 2020.

SILVA, J. M.; REIS, R. P. **Microbiologia geral: fundamentos e aplicações**. Aracaju: Cead/UFS, 2012. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/10300204042012Microbiologia_Geral_Aula_3.pdf. Acesso em: 28 mar. 2025.

SYNERGIA CONSULTORIA. **Proteção aos manguezais: fatos e dados**. Disponível em: <https://www.synergiaconsultoria.com.br/fique-por-dentro/protecao-aos-manguezais-fatos-e-dados/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

Yoshida S, Hiraga K, Takehana T, Taniguchi I, Yamaji H, Maeda Y, Toyohara K, Miyamoto K, Kimura Y, Oda K. A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). **Science**. 2016 Mar 11;351(6278):1196-9. doi: 10.1126/science.aad6359. PMID: 26965627.