UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO DE JESUS PIZZOLOTTO

BIODEGRADAÇÃO DE POLIESTIRENO (PS) E POLIPROPILENO (PP) A PARTIR DE BACTÉRIAS PRESENTES NO TRATO DIGESTÓRIO DE *Tenebrio molitor* Linnaeus e *Zophobas morio* Fabricius

CAMPO MOURÃO

2021

GUSTAVO DE JESUS PIZZOLOTTO

BIODEGRADAÇÃO DE POLIESTIRENO (PS) E POLIPROPILENO (PP) A PARTIR DE BACTÉRIAS PRESENTES NO TRATO DIGESTÓRIO DE *Tenebrio molitor* Linnaeus e *Zophobas morio* Fabricius

Biodegradation of polystyrene (PS) and polypropylene (PP) from bacteria present in the digestory tract of *Tenebrio molitor* Linnaeus and *Zophobas morio* Fabricius

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): José Hilton Bernardino de Araujo.

CAMPO MOURÃO

2021

4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GUSTAVO DE JESUS PIZZOLOTTO

BIODEGRADAÇÃO DE POLIESTIRENO (PS) E POLIPROPILENO (PP) A PARTIR DE BACTÉRIAS PRESENTES NO TRATO DIGESTÓRIO DE *Tenebrio molitor* Linnaeus e *Zophobas morio* Fabricius

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 30/novembro/2021

_____

José Hilton Bernardino de Araújo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

_____

Thiago Morais de Castro
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

_____

Ana Paula Peron
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

CAMPO MOURÃO

2021

Dedico este trabalho à minha família, em especial ao meu pai, Juliano e minha mãe, Nilda por possibilitar este momento em minha vida. Sem vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Estou certo de que este momento é um dos mais prazerosos de minha vida, ter este espaço para poder agradecer a todos que de algum modo contribuíram, de tantas maneiras, na construção de quem sou hoje. Tenho no coração, uma gratidão imensa por todas as pessoas que por algum momento cruzaram minha trajetória e deixaram em mim algum conhecimento ou experiência.

Agradeço a Deus e aos meus pais em primeiro lugar, por me darem o dom da vida, e por acreditarem fielmente que a educação é a melhor herança que um pai pode deixar ao seu filho, fazendo o impossível para que a minha formação se concretizasse.

Agradeço ao meu irmão Gabriel, por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Você é o meu melhor capítulo da vida cara, te amo.

Agradeço a todos os envolvidos na minha caminhada durante a graduação, que começou em 2013 em Maringá.

Agradeço aos amigos que colecionei em minha breve passagem pelo campus da UTFPR de Francisco Beltrão, com certeza vocês me marcaram de mais.

Agradeço aos amigos que fiz em Campo Mourão, aos momentos de felicidades compartilhados juntos, das quintas de Italiano e Ópera/Dona Chica, da sinuca no Brizola, das festas em repúblicas, do engenhariadas, do carnaval, e dos inúmeros encontros aleatórios durante a semana que terminavam em farra. Aos momentos agoniantes que vivi a cada fim de semestre com meus colegas em que me encontrava com a água no pescoço, mas de um jeito ou outro passava, ou não.

Agradeço a todos os professores que deixaram em mim um pouco de conhecimento, prometo sempre buscar ser melhor e transmitir o conhecimento adiante sempre que possível.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Hilton Bernardino de Araújo, pela paciência e parceria em me conduzir neste trabalho.

Agradeço também, todas as pessoas que me deram carona entre Roncador a Campo Mourão, foram inúmeras caronas ao longo de três anos. Obrigado!

Enfim, não citei nomes aos amigos para não ser injusto e deixar alguém de lado, mas aos que viveram de alguma maneira, um ou vários momentos comigo, meu eterno, Obrigado.

RESUMO

O polipropileno (PP) e o poliestireno (PS), são materiais utilizados em larga escala comercial devido ao seu baixo custo. Porém o volume descartado incorretamente deste material no meio ambiente, que leva aproximadamente 500 anos para se decompor, é exacerbado e gera um grande impacto ambiental. Fato que leva a pesquisadores do mundo inteiro a buscar soluções para acelerar o processo degradativo e também produtos derivados de petróleo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução da degradação do PP e PS em meios de cultura sólido via teste microbiano, isolando bactérias e posteriori a verificação da massa das placas de PP e PS. Para isso foi feita a extração do trato digestório de dois tipos de larvas, sendo elas Tenebrio molitor Linnaeus, 1758 (Coleóptera: Tenebrionidae) e Zoophobas mario Fabricius, 1776 (Coleoptera: Tenebrionidae), posteriormente diluído em água peptonada para que pudesse ser realizada a inoculação em meio de cultura sólido PCA para proliferação dos microrganismos e a partir disto o isolamento de três bactérias com amostras de poliestireno e polipropileno durante um período de 58 dias. Neste estudo, foi verificado uma taxa de decomposição média em amostras de PS e PP para bactéria intitulada vermelha, branca e leitosa de 0,192% e 0%, 0,779% e 0,022%, 0,611% e 0%, respectivamente, fato que expõem a capacidade de biodegradação destes indivíduos.

Palavras-chave: biodegradação; *Tenebrio molitor*; *Zophobas morio;* plástico; biotecnologia.

ABSTRACT

Polypropylene (PP) and polystyrene (PS) is a material used on a large commercial scale due to its low cost. However, the incorrectly discarded volume of this material in the environment, which takes approximately 500 years to decompose, is exacerbated and generates a great environmental impact. A fact that leads researchers around the world to seek solutions to accelerate the degradation process and also petroleum-derived products. The objective of this work was to evaluate the evolution of PP and PS degradation in solid culture media via microbial test, isolating bacteria and subsequent verification of the mass of PP and PS plates. For this, two types of larvae were extracted from the digestive tract, namely Tenebrio molitor Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) and Zoophobas mario Fabricius, 1776 (Coleoptera: Tenebrionidae), later diluted in peptone water so that the inoculation in PCA solid culture medium for the proliferation of microorganisms and from this the isolation of three bacteria with polystyrene and polypropylene samples for a period of 58 days. In this study, an average decomposition rate was verified in samples of PS and PP for bacteria called red, white and milky of 0.192% and 0%, 0.779% and 0.022%, 0.611% and 0%, respectively, a fact that exposes the capacity of biodegradation of these individuals.

Keywords: biodegradation; *Tenebrio molitor*; *Zophobas morio*; plastic; biotechnology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de objetos produzidos com poliestireno. 18
Figura 2 - Vista geral da larva de *Zophobas morio*.....20
Figura 3 - A) Larvas de *T. molitor* em solução álcool 70%. B) Água peptonada com conteúdo estomacal retirado das larvas de *T. molitor*. 22
Figura 4 - Placa de Petri com solução dissolvida em meio de cultura PCA na estufa. 22
Figura 5 - Colônia de bactérias oriundas de *T. molitor*, branca e leitosa prontas para ser isoladas. 23
Figura 6 - Bactéria vermelha oriunda de *Z. morio* pronta para ser isolada.....24
Figura 7 - Isolamento das bactérias em meio de cultura PCA dentro de capela de fluxo. 25
Figura 8 - Bactérias isoladas, prontas para replicadas. 1) bactéria leitosa. 2) bactéria branca. 3) bactéria vermelha. 25
Figura 9 - Placa de petri colonizada contendo amostras de PS e PP. A) Momento em que a placa foi semeada com bactéria branca. B) Retirada da placa e análise das amostras após 58 dias. 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Peso inicial das amostras de PS e PP nas placas com bactéria "vermelha" 26
Tabela 2 - Peso inicial das amostras de PS e PP nas placas com bactéria "branca"26
Tabela 3 - Peso inicial das amostras de PS e PP nas placas com bactéria "leitosa" 26
Tabela 4 - Valores obtidos após 58 dias de incubação – bactéria vermelha (*Z. morio)* 29
Tabela 5 - Valores obtidos após 58 dias de incubação – bactéria branca (*T. molitor)* 29
Tabela 6 - Valores obtidos após 58 dias de incubação - bactéria leitosa (*T. molitor)*30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.1 Objetivos 14

1.1.1 Objetivo Geral.....14

1.1.2 Objetivos Específicos 14

1.2 Justificativa.....14

2 REVISÃO DE LITERATURA 16

2.1 Desenvolvimento Sustentável e o Plástico 16

2.2 Biotecnologia Ambiental 17

2.3 Poliestireno 17

2.4 Polipropileno.....18

2.5 *Zophobas morio* Fabricius 19

3 MATERIAL E MÉTODOS 21

3.1 Semeadura das placas de petri com conteúdo estomacal de *Zophobas morio* Fabricius e *Tenebrio molitor* Linnaeus.....21

3.2 Proliferação de bactérias e isolamento em PCA 23

3.3 Seleção das placas, pesagem e inserção das amostras de PP e PS 26

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 28

5 CONCLUSÃO 32

REFERÊNCIAS.....33

ANEXO A - Direitos autorais - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 36

1 INTRODUÇÃO

Em 2018, a produção média de plástico atingiu a marca de 359 milhões de toneladas por ano (PLASTICSEUROPE, 2019), um aumento superior a 23.833% comparado a 1950, evidenciado por Teles (2020). Segundo Caterbow e Speranskaya (2020), deve-se ultrapassar a marca de 600 milhões de toneladas de plástico produzido no mundo por ano até 2025, ou seja, um aumento aproximado em 68% em relação ao período atual.

É notório que com a alta na comercialização deste produto, acompanha uma crescente geração de resíduos e poluição do meio ambiente. Reflexo deste cenário, o Brasil é o quarto maior produtor de lixo plástico do mundo, são produzidos cerca de 11,3 milhões de toneladas de plástico por ano, sendo apenas 1,28% deste montante reciclado, segundo dados da World Wildlife Fund (WWF) (2019).

O poliestireno (PS) é um polímero sintético (termoplástico) que resulta do processo de polimerização do monômero de estireno (vinil benzeno), usado em diversas áreas (MUNDOISOPOR, 2020). Os produtos de poliestireno fazem parte da sociedade atual, sendo aplicados em diversos segmentos dos mais variados possíveis, como eletrodomésticos, bens de consumo, descartáveis informática e construção civil. (JACQUES, 2010).

Já o polipropileno (PP) é um polímero ou plástico, derivado do propeno e é reciclável, é um tipo de plástico que pode ser moldado usando apenas aquecimento, ou seja, é um termoplástico e possuí propriedades muito semelhantes com as do poliestireno, mas com ponto de amolecimento mais elevado (NEUPLAST, 2020).

A partir dessa problemática surge a necessidade de buscar alternativas para lidar com compostos termoplásticos e no ponto de vista de Yang et al. (2015) um agente promissor em degradação de materiais dessa natureza, são enzimas estomacais presentes no trato intestinal do *Tenebrio molitor* Linnaeus, popularmente conhecido por larva-da-farinha, capazes de degradar poliestireno expandido (EPS).

Dessa forma, diante do exposto acima e diante da necessidade de estudos em relação à destinação correta de polímeros termoplásticos, este trabalho visa analisar o comportamento de bactérias presentes no trato digestório de larvas de Tenébrio-da farinha (Tenebrio molitor, Linnaeus 1758) e de Tenébrio gigante (Zophobas morio), na decomposição de poliestireno e polipropileno. Verificando o

crescimento das bactérias a partir da inoculação das mesmas em meio ágar padrão para contagem de bactérias (PCA).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a capacidade de biodegradação de amostras de poliestireno e polipropileno realizado por bactérias oriunda do trato digestório da larva *Zophobas morio* Fabricius e *Tenebrio molitor* Linneaus.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar índices de degradação dos termoplásticos estudados;
- Comparar o desempenho entre as bactérias do trato intestinal de *Z. morio* e *T. molitor*.

1.2 Justificativa

O volume de resíduos plásticos gerados no mundo, além de gerar graves problemas financeiros, provocam severos danos a fauna, flora, a saúde e o bem-estar da população. A reciclagem desses materiais poderia ser engajada e melhor aproveitada no Brasil.

Na perspectiva de Boldrin (2014) os motivos para reciclar são: benefícios diretos à saúde humana por um mundo com menos poluição, a economia através da geração de milhares de empregos e renda, preservação dos recursos naturais, diminuição dos impactos ambientais negativos, sanitários e sociais, proteção ao meio ambiente, maior longevidade e durabilidade para aterros sanitários.

De acordo com Teles (2020), apesar de ser um problema global, a situação se agrava no Brasil, onde 2,4 milhões de toneladas de plásticos estão sendo descartadas de forma irregular e 7,7 milhões de toneladas acabam em aterros sanitários. Situação que vai na contramão dos 17 Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS), particularmente com ODS 12, que diz sobre o Consumo e Produção Responsáveis (SILVA, 2018).

A par do impacto no aquecimento global e alterações climáticas, o plástico também surte efeitos nos ecossistemas marinhos e terrestres do nosso planeta. Em 2010 entre 4.8 a 12.7 milhões de toneladas de resíduos plásticos acabaram nos oceanos (UNEP, 2016).

Uma maneira eficaz e limpa para o manejo do EPS é o uso da biotecnologia no combate a impactos ambientais, pois, refere-se à utilização de organismos vivos, a fim de criar ou modificar produtos e processos em usos específicos (FERRO, 2010 apud MEDEIROS, 2018). Logo, ao perceber que o EPS, um dos familiares termoplásticos do PP e PS, objetos de estudo dessa pesquisa, obteve bons resultados, surge a premissa de utilizar a metodologia apresentada por Yang, et al. (2015).

Dessa forma, a partir do que foi abordado e diante da necessidade de estudos em relação a destinação adequada desses resíduos, bem como acelerar o processo de degradação, entende-se a necessidade de testar novos mecanismos, em evidência neste trabalho a biodegradação de polipropileno e poliestireno através de bactérias, para que possa se encontrar novas maneiras de sanar esta problemática ambiental que afeta o mundo inteiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desenvolvimento Sustentável e o Plástico

Uma proposta conhecida mundialmente feita pela Organização das Nações Unidas (ONU) são os 17 Objetivos para um Desenvolvimento Sustentável e suas 169 metas. De acordo com Silva (2018) os objetivos e metas são integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. Os ODS e suas metas prometem estimular e apoiar ações em áreas de importância crucial para a humanidade: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias.

Em meio aos 17 objetivos, coloca-se em evidência neste trabalho o 12° - Produção e consumo responsáveis. Pois se trata da meta que divulga vários propósitos como a gestão e uso sustentável dos recursos naturais, a gestão ambientalmente saudável dos resíduos, a proposta de redução na geração de resíduos e incentivo às empresas para adoção das práticas sustentáveis.

Nesse sentido Boldrin (2014) corrobora que o plástico e resíduos plásticos estão não só integrados em todos estes propósitos do 12º objetivo, como também, devido ao seu impacto na saúde humana e economia, presentes nos objetivos 3º - Saúde de Qualidade, 6º - Água potável e saneamento, 8º - Trabalho digno e crescimento econômico e 11º - Cidades e Comunidades Sustentáveis e, pelo seu impacto no meio ambiente, integrados nos objetivos 13º - Ação Climática, 14º - Proteger a vida marinha e 15º - Proteger a vida terrestre.

Ainda sobre o plástico, enquanto produto e resíduo, demonstra um enorme potencial na economia e está interligado à diversos dos objetivos de desenvolvimento sustentável para 2030 da ONU, como descrito acima. Se coletado e tratado de maneira responsável, é um material que pode ser reutilizado e introduzido diversas vezes na cadeia econômica mundial em diferentes formas e produtos, gerando empregos, renda e saúde pública.

Porém, para que os objetivos e metas sejam alcançados, a educação ambiental se faz necessária, pois segundo dados levantados pelo Ibope e apresentados por Carrança (2020), 75% dos brasileiros não atuam adequadamente

na separação dos resíduos em recicláveis e não recicláveis. Desses, 39% não separavam os lixos orgânicos dos demais. E 77% sabiam que o plástico é reciclável, mas apenas 40% de fato destinavam o material aos recicladores.

2.2 Biotecnologia Ambiental

A biotecnologia se faz no uso integrado da bioquímica, microbiologia e da engenharia para a obtenção de aplicações das capacidades de microrganismos, células cultivadas, sendo elas animais ou vegetais, ou até parte dos dois em segmentos industriais, na saúde e nos processos ambientais. Aplicações específicas da Biotecnologia no tratamento dos problemas ambientais foram surgindo conforme o crescimento da demanda de soluções naturais e de baixo custo.

A biotecnologia pode não ser uma solução completa para eliminar a contaminação ambiental, mas pode funcionar como parte de uma abordagem integrada para o controle e eliminação da contaminação, parcial ou integral. Esse conceito foi trazido para proporcionar soluções para os resíduos sólidos gerados e culminou no que hoje se entende como processo de biodegradação por intermédio de bactérias (GROTE, 2003).

Recentemente, estudos demonstraram a capacidade de microrganismos em degradar polímeros sintéticos, o que torna um grande aliado no combate a maneiras radicais para tratamento de polímeros, como por exemplo, a incineração ou descarte em aterros sanitários.

Destaca-se que a biotecnologia pode ser aplicada nas seguintes áreas: monitoramento ambiental, remediação de locais contaminados, redução ou eliminação de resíduos e também na prevenção de contaminação.

2.3 Poliestireno

O poliestireno (PS) para uso geral, é um polímero amorfo, transparente, frágil, fácil de processar e barato. É utilizado na fabricação de canetas, copos plásticos, bandejas, entre outros utensílios descartáveis utilizados em alta escala. (BORRELY, 2002). É um polímero de adição que, conforme o próprio nome indica, é

formado por sucessivas adições do monômero estireno, mais conhecido como vinilbenzeno. (FOGAÇA, 2021).

Devido suas características e propriedades como baixo custo, boa maleabilidade, baixa absorção de umidade, boa estabilidade dimensional, boas propriedades de isolação elétrica, fácil coloração e resistência química razoável, é muito usado como material para moldagem, por injeção e termoformação a vácuo (NUNES et al., 2015).

O Poliestireno é frequentemente utilizado em artigos de baixo custo e peças descartáveis (Figura 1), como utensílios domésticos (jarras, copos e recipientes), copos descartáveis, embalagens de CDs, seringas, béqueres, pentes, cabides, caixas organizadoras, potes, pastas e caixas térmicas (quando na versão expandida) (ACRIHOUSE, 2020).

Figura 1 - Exemplo de objetos produzidos com poliestireno.

Fonte: Adaptado (FOGAÇA, 2021)

2.4 Polipropileno

Produzido a partir da polimerização do gás propileno, o polipropileno apresenta propriedades como excepcional resistência a rupturas, boa resistência a impactos, boa resistência química, boas propriedades elétricas, sendo muito utilizado na fabricação de recipientes (PIATTI *et al*., 2005).

É um polímero termoplástico que pode ser reciclado diversas vezes, tem um processamento fácil, possuí baixa densidade, a cor natural desse material é um branco marfim translúcido e é considerado relativamente barata comparado com outros polímeros. (SENAI, 2006 *apud* SOUZA, 2018).

Para Jacob (2020) o polipropileno é classificado como um polímero de hidrocarboneto linear. O polipropileno é considerado um tipo de polímero muito versátil. Ele está disponível como um plástico e uma fibra e é adaptável a muitos métodos diferentes de fabricação e aplicação. O autor ainda complementa que o polipropileno pode ser visto em uma variedade de tipos de produtos. Isso inclui molduras, fibras, filme, espuma e fita. Existem também três tipos diferentes de produtos de polipropileno. Estes compreendem um uso geral o homopolímero; um copolímero em bloco que incorpora etileno e possui um nível de resistência ao impacto mais alto; e copolímeros aleatórios com maior flexibilidade e clareza. O polipropileno é comumente encontrado em interiores automotivos, produtos domésticos, em jardins e também no meio industrial.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, resíduos de plástico levam mais de 400 anos para se decompor. No entanto, não há informações concretas a respeito do tempo de decomposição de cada tipo de plástico. Por isso, existem estudos que estimam o tempo de decomposição de diferentes materiais plásticos, tais como: saco plástico: 20 anos; copo de espuma plástica: 50 anos; canudo: 200 anos. O canudo de plástico (composto por polipropileno e poliestireno) representa, por exemplo, 4% do total de resíduo plástico do mundo, como este material ainda é recente, em relação ao tempo de vida do mundo, fungos e bactérias ainda não desenvolveram enzimas capazes de biodegradar este material, criando estimativas de até mil anos para sua decomposição no Meio Ambiente.

Outros produtos que se encontra o PP, são cadeiras plásticas, brinquedos, copos plásticos, tampas de refrigerantes, seringas de injeção, tupperware, alguns eletrodomésticos e autopeças.

2.5 *Zophobas morio* Fabricius

Zophobas morio (Fabricius, 1976) (Coleoptera Tenebrionidae) também conhecido por tenébrio gigante (Figura 2), como todos os besouros, submete-se a uma metamorfose completa, passando pelos estágios de ovo, larva, pupa e enfim a fase de besouro adulto. Seu ciclo reprodutivo se completa em 6 meses, porém dependem muito das condições de temperatura, umidade, nutrição e iluminação. Seus hábitos são noturnos, pois não suportam a luz solar. As larvas de *Z. morio*

podem alcançar até 5 cm, em seu desenvolvimento máximo durante a fase larval, que é de 120 dias (PLANETAINSETO, 2021).

Figura 2 - Vista geral da larva de *Zophobas morio*.

Fonte: Wikipedia

Segundo Gonçalves (2019), quanto ao habitat da espécie, podem ser encontrados em madeiras, cortes de árvores ou similares e possuem origem na América Central e do Sul. Os substratos utilizados no seu cultivo podem ser diversos, sendo eles, principalmente: farinha de aveia ou trigo, e podendo ser adicionados de pão seco, gérmen de trigo, levedura de cerveja, verduras, frutas e/ou hortaliças.

Durante as pesquisas feitas com larvas de uma espécie de besouro conhecida cientificamente como *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), uma equipe de cientistas da Universidade de Stanford descobriu que as larvas desse besouro conseguiam se alimentar de pedaços de poliestireno através da presença de bactérias conhecidas como *Exiguobacterium* sp. que fazem parte da microbiota intestinal dessas larvas (YANG et al., 2015). Segundo os autores, no trato digestório das espécies (*Tenebrio molitor* Linnaeus e *Zophobas morio* Fabricius), ocorre a decomposição biológica, onde as bactérias conseguem decompor o EPS, transformando metade em dióxido de carbono e a outra metade em fragmentos decompostos em forma de excremento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada neste trabalho é fruto de uma adaptação de Yang *et al.* (2015), para os autores o estudo foi dividido em duas fases, primeiramente, foi analisado a capacidade da larva de *Tenebrio molitor* em se alimentar de poliestireno expandido, como sua dieta exclusiva, em seguida, foram isoladas bactérias presentes no trato digestório da larva e avaliada a capacidade de biodegradação das mesmas.

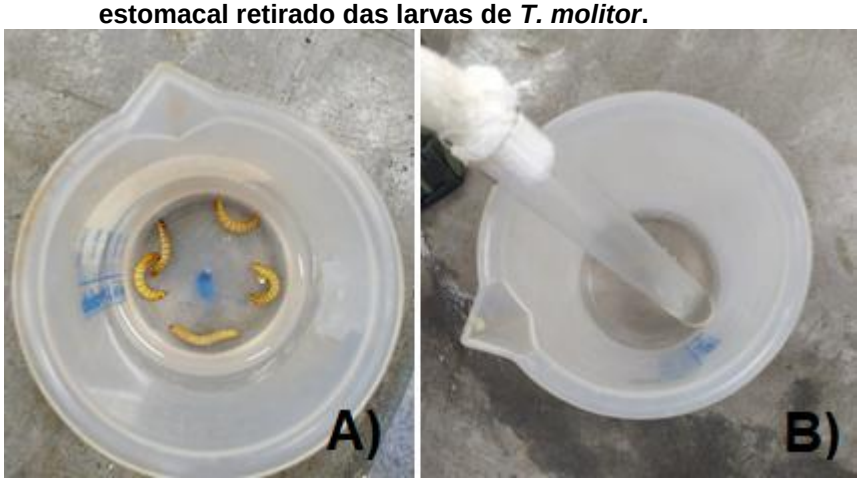
Para este experimento, realizado no laboratório de Bioprocessos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, foram utilizadas bactérias extraídas do conteúdo intestinal das larvas de *Zophobas morio* Fabricius e *Tenebrio molitor* Linnaeus, oriundos do repositório de material biológico do laboratório. A metodologia adotada neste trabalho foi separada em quatro partes: semeadura das placas de petri com conteúdo estomacal das larvas *Z. morio* e *T. molitor;* proliferação de bactérias e isolamento em PCA; seleção das placas, pesagem e inserção das amostras de PP e PS; análise dos resultados. As amostras de PP e PS foram fornecidas pelo laboratório de Bioprocessos da UTFPR – CM.

3.1 Semeadura das placas de petri com conteúdo estomacal de *Zophobas morio* Fabricius e *Tenebrio molitor* Linnaeus

Para que fosse possível extrair as bactérias oriundas do trato intestinal das larvas, foi necessário selecionar 5 unidades de *Tenebrio molitor* e sacrifica-las em álcool 70° (Figura 3a). Logo após os óbitos, foi realizado a abertura do abdômen das larvas, para coleta do conteúdo presente no estômago, o mesmo foi destinado a um tubo de ensaio com água peptonada (Figura 3b), esta, é uma água específica para dissolução do material sólido que contém as bactérias, para enfim ser espalhado em um meio de cultura. Por se tratar de bactérias, o meio de cultura escolhido foi o Agar PCA (Plate Count Agar), que é o meio utilizado para contagem bacteriana.

O manejo foi realizado em capela de fluxo junto a uma lamparina acesa para diminuir as chances de contaminação das placas.

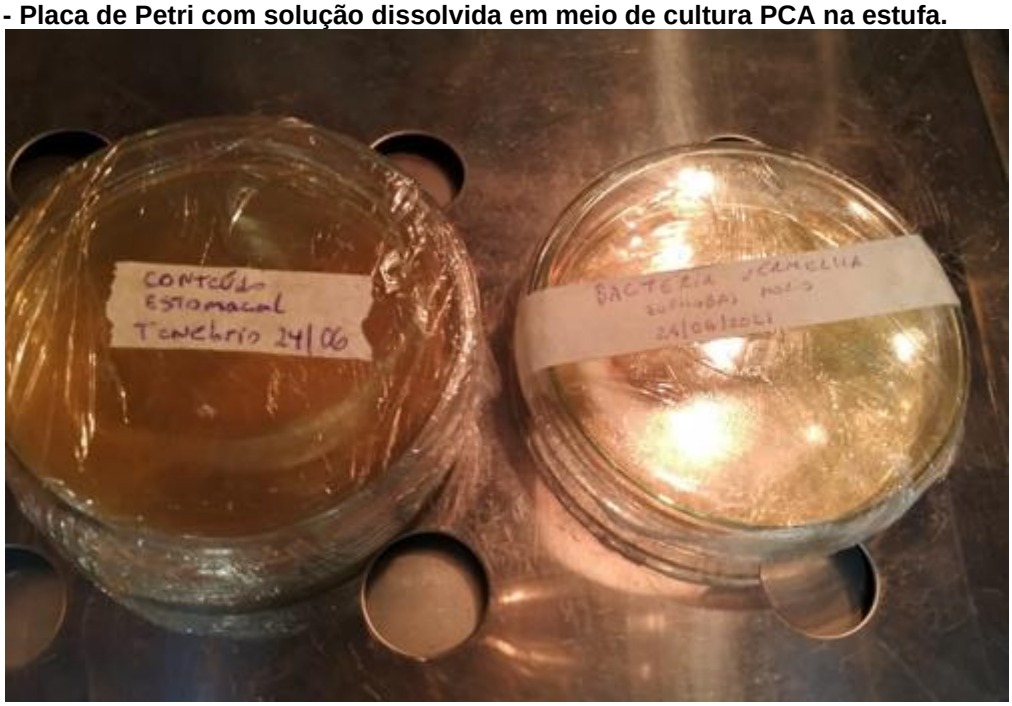
Figura 3 - A) Larvas de *T. molitor* em solução álcool 70%. B) Água peptonada com conteúdo estomacal retirado das larvas de *T. molitor*.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Após o conteúdo ser espalhado no meio de cultura PCA, com auxílio de uma alça de platina, a mesma foi embalada em plástico filme e inserida em estufa (Figura 4) com temperatura média de 28 °C.

Figura 4 - Placa de Petri com solução dissolvida em meio de cultura PCA na estufa.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A bactéria do trato intestinal da *Z. Morio* já havia sido isolada e encontrava-se congelada no repositório de material biológico do laboratório, sendo então somente replicada em um meio de cultura PCA, para obtenção de novas amostras desta bactéria, identificada neste experimento como “Bactéria Vermelha”.

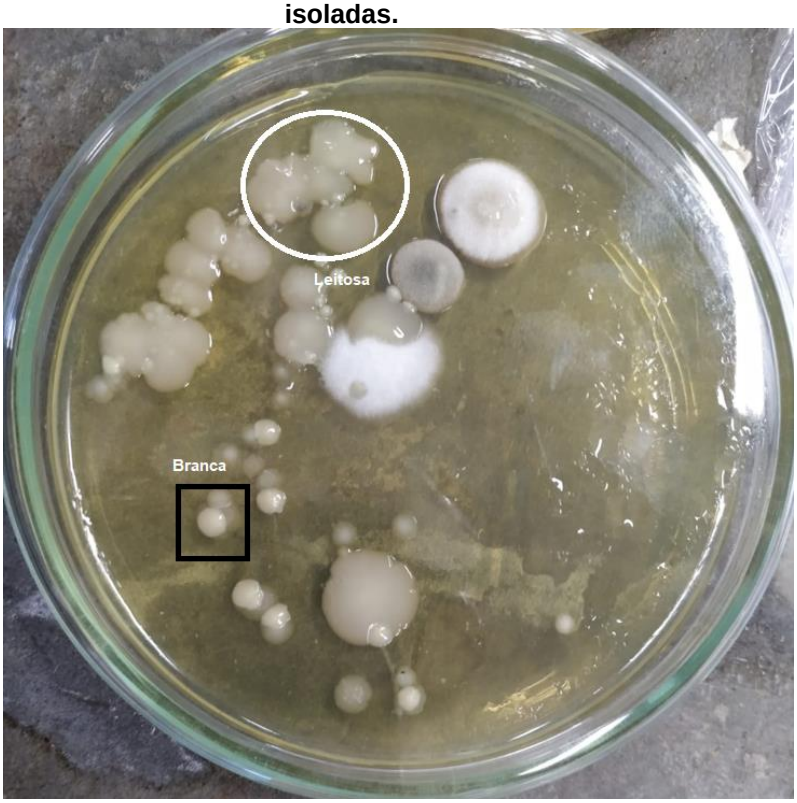
3.2 Proliferação de bactérias e isolamento em PCA

Foi aguardado um período de 7 dias para o retorno ao laboratório. Passado este tempo, foi realizado a verificação da proliferação das bactérias nas placas de petri com o conteúdo estomacal dissolvido de *T. molitor* e *Z. Morio.*

A placa de cultura agar para contagem (PCA) que continha o conteúdo estomacal de *T. molitor*, foi colonizado por fungos e bactérias (Figura 5). Predominaram na placa duas bactérias, a “Bactéria Branca” e a Bactéria “Leitosa”.

Foi realizado a replicação isolada dessas duas bactérias em 3 placas testemunhas, sendo elas identificadas como: Branca e Leitosa. Estas foram extraídas do conteúdo estomacal da *T. molitor*.

Figura 5 - Colônia de bactérias oriundas de *T. molitor*, branca e leitosa prontas para ser isoladas.

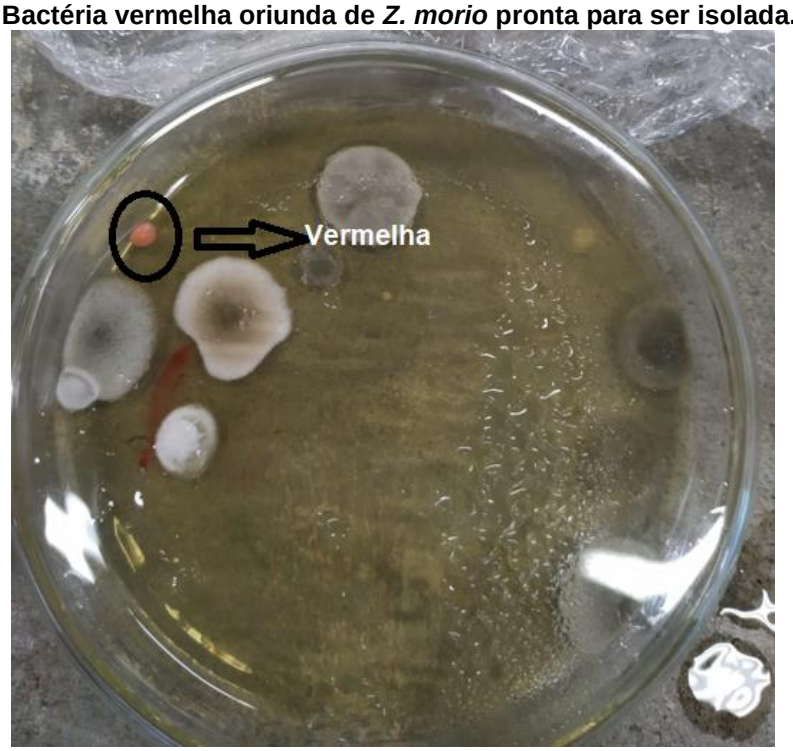


Fonte: Autoria Própria (2021)

Para o conteúdo replicado da bactéria vermelha da larva *Z. Morio*, foi necessário realizar um novo isolamento, pois a mesma apresentou contaminação por fungos (Figura 6). Foi realizado o isolamento em mais duas placas testemunhas

pois a colônia da bactéria vermelha ainda era pequena, como mostra a imagem a seguir.

Figura 6 - Bactéria vermelha oriunda de *Z. morio* pronta para ser isolada.



Fonte: Autoria Própria (2021).

O processo de isolamento das bactérias também foi realizado em capela de fluxo (Figura 7), com o intuito de evitar novas contaminações por outros microrganismos indesejados.

Figura 7 - Isolamento das bactérias em meio de cultura PCA dentro de capela de fluxo.

Fonte: Autoria Própria (2021).

Após serem replicadas, as placas voltaram para estufa microbiológica a 28°C, ambiente propício para o crescimento dos microrganismos, ficando neste ambiente por 5 dias.

Após esse período foram obtidas as placas com as bactérias isoladas (Figura 8).

Figura 8 - Bactérias isoladas, prontas para replicadas. 1) bactéria leitosa. 2) bactéria branca. 3) bactéria vermelha.

Fonte: Autoria Própria (2021).

3.3 Seleção das placas, pesagem e inserção das amostras de PP e PS

Foram replicadas mais 7 placas de meio de cultura agar para contagem (PCA) para cada bactéria, totalizando 21 placas. Também foi inserido nesta etapa as amostras de polipropileno (PP) e poliestireno (PS), recortados a partir de copos plásticos descartáveis. Logo, as amostras de PP e PS foram pesadas em balança analítica (Tabelas 1 a 3), limpas com álcool 70° e inserido um exemplar de cada amostra de plástico dentro da placa e então encaminhadas a estufa microbiológica.

Tabela 1 – Peso inicial das amostras de PS e PP nas placas com bactéria "vermelha"

N° da placa	Amostra PS Inicial (g)	Amostra PP Inicial (g)
1	0,0169	0,0334
2	0,0315	0,0319
3	0,0323	0,0245
4	0,0178	0,0538
5	0,0346	0,0303
6	0,0127	0,0185
7	0,0297	0,0532

Fonte: Autoria Própria (2021)

Tabela 2 - Peso inicial das amostras de PS e PP nas placas com bactéria "branca"

N° da placa	Amostra PS Inicial (g)	Amostra PP Inicial (g)
1	0,0375	0,0470
2	0,0336	0,0511
3	0,0182	0,0562
4	0,0200	0,0650
5	0,0226	0,0376
6	0,0174	0,0446
7	0,0202	0,0384

Fonte: Autoria Própria (2021)

Tabela 3 - Peso inicial das amostras de PS e PP nas placas com bactéria "leitosa"

N° da placa	Amostra PS Inicial (g)	Amostra PP Inicial (g)
1	0,0316	0,0394

(Conclusão)

2	0,0331	0,0486
3	0,0273	0,0424
4	0,0245	0,0411
5	0,0280	0,0397
6	0,0175	0,0435
7	0,0275	0,0275

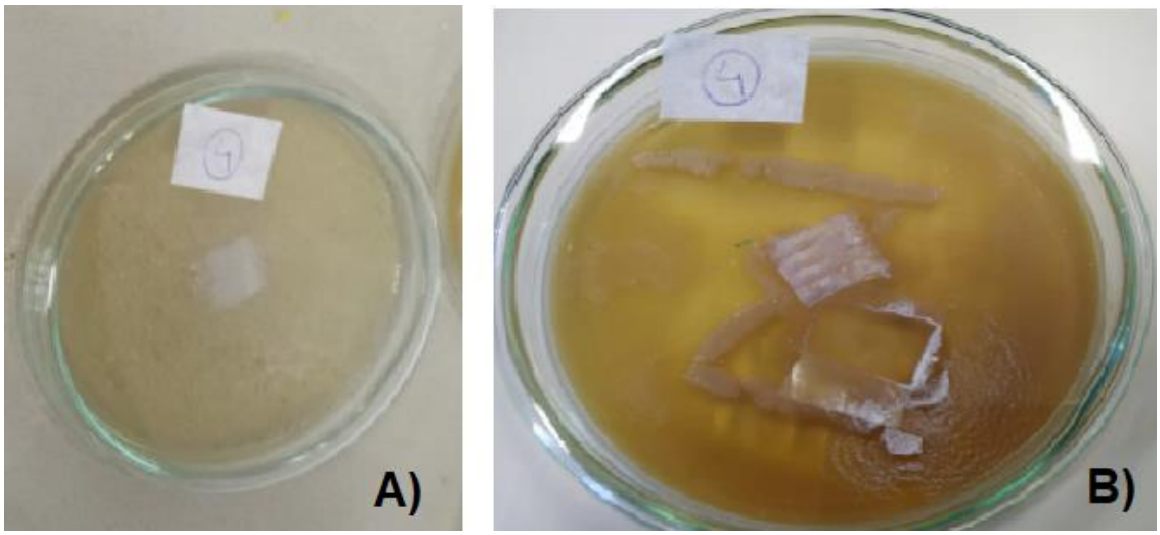
Fonte: Autoria Própria (2021)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a disseminação das bactérias nas placas de petri, as amostras dos materiais de poliestireno (PS) e polipropileno (PP) foram inseridas junto ao meio de cultura (Figura 9a), para que então fosse possível analisar no final do experimento a quantidade de material que seria degradada pelos microrganismos.

As amostras permaneceram na estufa microbiológica por um período de 58 dias. Após este período as amostras de PP e PS foram retirados das placas (Figura 9b), limpos com álcool 70%, secos e pesadas em balança analítica novamente, obtendo-se os valores para conclusão do estudo.

Figura 9 - Placa de petri colonizada contendo amostras de PS e PP. A) Momento em que a placa foi semeada com bactéria branca. B) Retirada da placa e análise das amostras após 58 dias.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Nota-se que a bactéria envolveu o perímetro das amostras, tanto de polipropileno quanto a de poliestireno passados 58 dias exposto a ação bacteriana.

Ambos os materiais foram inseridos em meio de cultura contendo bactérias, e após o período incubado, foi verificado que a taxa de biodegradação para bactéria vermelha (Tabela 4), não foi efetiva, visto que apenas uma amostra de poliestireno apresentou biodegradação de 1,35%. As amostras foram retiradas das placas de petri e totalmente limpas com água e secas, para se retirar qualquer tipo de matéria

que poderia influenciar no peso final, e em seguida foram pesadas em balança analítica.

A taxa de biodegradação foi obtida a partir do cálculo da variação de peso, subtraindo o valor da amostra inicial (ai) do valor da amostra final (af), multiplicado por 100 e depois dividido por (ai), encontrando assim o percentual de degradação para cada amostra. Este mesmo procedimento foi utilizado para as bactérias do *T. molitor* branca (Tabela 5) e leitosa (Tabela 6).

Tabela 4 - Valores obtidos após 58 dias de incubação – bactéria vermelha (*Z. morio)*

N° da Placa	Amostra PS inicial (g)	Amostra PP inicial (g)	Amostra PS final (g)	Amostra PP final (f)	∆s PS (%)	∆s PP (%)
1	0,0169	0,0334	0,0169	0,0334	0	0
2	0,0315	0,0319	0,0315	0,0319	0	0
3	0,0323	0,0245	0,0323	0,0245	0	0
4	0,0178	0,0538	0,0178	0,0538	0	0
5	0,0346	0,0303	0,0346	0,0303	0	0
6	0,0127	0,0185	0,0127	0,0185	0	0
7	0,0297	0,0532	0,0293	0,0532	1,347	0

Fonte: Autoria Própria (2021)

Vale evidenciar que o único parâmetro utilizado para se determinar o percentual de degradação do material plástico por ação do microrganismo, foi a perda de massa das amostras.

Para as amostras de PP e PS que ficaram sob ação da bactéria branca, oriunda do trato intestinal de *T. molitor*, observou-se maior eficiência biodegradando poliestireno do que polipropileno. O maior valor de biodegradação para poliestireno foi de 2,75%, já o menor 0,27%, se desconsiderada as amostras que não apresentaram perda de massa. Apenas uma amostra de polipropileno apresentou biodegradação, no valor de 0,15%.

Tabela 5 - Valores obtidos após 58 dias de incubação – bactéria branca (*T. molitor)*

N° da Placa	Amostra PS inicial (g)	Amostra PP inicial (g)	Amostra PS final (g)	Amostra PP final (f)	∆s PS (%)	∆s PP (%)
1	0,0375	0,047	0,0374	0,047	0,267	0
2	0,0336	0,0511	0,0335	0,0511	0,298	0
3	0,0182	0,0562	0,0177	0,0562	2,747	0
4	0,02	0,065	0,02	0,0649	0	0,154
5	0,0226	0,0376	0,0226	0,0376	0	0
6	0,0174	0,0446	0,0172	0,0446	1,149	0

7	0,0202	0,0384	0,02	0,0384	0,990	0

Fonte: Autoria Própria (2021)

A bactéria leitosa, apresentou o maior valor de degradação para uma amostra de poliestireno, 2,86%, porém, assim como a vermelha, não houve perda de massa em nenhuma amostra de polipropileno e ainda assim, se levado em conta a média de degradação, a bactéria branca apresentou média de 0,78% enquanto a leitosa, 0,61%.

Tabela 6 - Valores obtidos após 58 dias de incubação - bactéria leitosa (*T. molitor)*

N° da Placa	Amostra PS inicial (g)	Amostra PP inicial (g)	Amostra PS final (g)	Amostra PP final (f)	∆s PS (%)	∆s PP (%)
1	0,0316	0,0394	0,0316	0,0394	0	0
2	0,0331	0,0486	0,0329	0,0486	0,604	0
3	0,0273	0,0424	0,0273	0,0424	0	0
4	0,0245	0,0411	0,0243	0,0411	0,816	0
5	0,028	0,0397	0,028	0,0397	0	0
6	0,0175	0,0435	0,017	0,0435	2,857	0
7	0,0254	0,0275	0,0254	0,0275	0	0

Fonte: Autoria Própria (2021)

Contudo, a partir dos dados coletados, comparando o desempenho entre as bactérias e a perda de massa dos materiais inseridos para biodegradação, os valores de PS foram maiores em relação ao PP, que corrobora com Araújo *et al*. (2020), porém o material a ser degradado naquele estudo era o poliestireno expandido (EPS), neste estudo, seis bactérias e um fungo foram avaliados durante 48 dias, e apresentaram taxa de biodegradação média de 4,36%.

Yang *et al*. (2015) evidenciam a existência de grande diversidade microbiológica em simbiose com a larva de *T. molitor*, o trato digestivo pode ser considerado um biorreator eficiente e a cepa em suspensão de Exiguobacterium sp. No estudo realizado por Yang *et al.* (2015), o índice de degradação média do poliestireno expandido (EPS) foi de 7,4% em 60 dias de testes. O estudo realizado por Yang *et al*. (2018) foi o primeiro a relatar a presença de bactérias degradantes de poliestireno no trato intestinal de *T. molitor* L. confirmado pelo crescimento bacteriano em um meio de cultura contento poliestireno e pela dimensão da diferença de peso do plástico. Foi evidenciado também um curto tempo de retenção do material no conteúdo intestinal da larva, sendo que em menos de 24 horas 47,7% do carbono foi convertido em CO_2.

Comparando com os estudos citados anteriormente, os resultados obtidos apresentados neste trabalho, evidenciam que os microrganismos não foram eficientes quanto os outros. Haja visto que as mesmas bactérias, vermelha, branca, e leitosa, apresentaram valores mais significativos de biodegradação.

5 CONCLUSÃO

Entende-se que alguns fatores possam ter interferido de algum modo nos resultados obtidos, como, quantidade de bactéria disseminada no momento da replicação, umidade, número de dias em estufa e temperatura.

Porém, o resultado obtido corrobora com alguns autores, pois houve a degradação de ambos materiais testados, PP e PS. Devido valor de degradação ser baixo, média menor que 1% para a bactéria branca, leitosa e vermelha, recomenda-se a continuidade de estudos nesta área que identifiquem os fatores que possam alavancar a efetividade em menor período de tempo.

Para este estudo, concluiu-se que a bactéria que apresentou maior percentual de degradação foi a bactéria leitosa, do trato intestinal da larva do *Tenebrio molitor*, com 2,86%, seguido da bactéria branca, também oriunda do trato intestinal de *Tenebrio molitor*, com 2,75%. Mas, embora a bactéria branca tenha apresentado o maior valor, a bactéria que atingiu a média maior, foi a branca, com 0,78% de degradação em 7 placas para PS e 0,022% para PP, esta, com perda de peso em 1 das 7 placas. A média para a bactéria leitosa ficou em 0,61% para PS e 0% para PP. Já a bactéria vermelha, no aspecto geral, apresentou a menor eficiência, pois diante das 7 amostras de PP e 7 amostras de PS, apenas 1 de PS houve perda de peso de 1,35%, logo 0% de efetividade em biodegradação para PP.

REFERÊNCIAS

ACRIHOUSE. **Entenda sobre o acrílico e o poliestireno.** Disponível em: http://acrihouse.com.br/noticias/entenda-sobre-o-acrilico-e-poliestireno/. Acesso em: 16 abr. 2021.

SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 2020, Toledo - PR. **Anais**. ARAUJO, J. H. B.; GOMES, K. F.; SILVA, V. S.; FERNANDES, A. Degradação de poliestireno expandido utilizando microrganismos. In: XXV

BOLDRIN, R. **Proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para uma Lanchonete no Município de Apucarana – PR.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6896. Acesso em: 16 abr. 2021

BORRELLY, D. F. **Estudo comparativo da degradação de poliestireno e de poliestireno de alto impacto por envelhecimentos natural e artificial**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo. 2002. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-15052002-090301/publico/PSwomDan.pdf. Acesso em: 10 dez. 2021.

CARRANÇA, T. **Consumo de plástico explode na pandemia e Brasil recicla menos de 2% do material.** Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-55131470. Acesso em: 15 abr. 2021.

CATERBOW, A.; SPERANSKAYA, O. Uso Benção e Maldição. **Atlas do Plástico**. Rio de Janeiro, Fundação Heinrich Böll Stiftung, Vol1, n16, Novembro, 2020. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas%20do%20Pl%C3%A1stico%20-%20vers%C3%A3o%20digital%20-%2030%20de%20novembro%20de%202020.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

FOGAÇA, J. R. V. **Poliestireno.** Disponível em: https://www.preparaenem.com/quimica/poliestireno.htm. Acesso em: 07 dez. 2021.

SENAI – Escola. AMATO, Mario. **Apostila de Preparador e Regulador de Máquina Injetora**. 2006.

GONÇALVES, L. H. **Análise centesimal da farinha de zophobas morio e proposta de inclusão em formulação de petisco para cães**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de alimentos) – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. 2019. Disponível em: http://repositorio.ufcspa.edu.br/jspui/handle/123456789/1142. Acesso em: 05 mai. 2021.

JACOB, L. M. Polypropylene. **Salem Press Encyclopedia of Science**, [s. l.], 2020. 2p, Disponível em: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=87325809&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site. Acesso em: 17 abr. 2021.

JACQUES, F. B. **Mercado brasileiro de poliestireno com ênfase no setor de eletrodomésticos**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/35191. Acesso em: 20 mai. 2021.

MEDEIROS, A. S. et al. Biodegradação de poliestireno expandido utilizando Tenebrio molitor Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) e Zophobas morio Fabricius, 1776 (Coleoptera: Tenebrionidae). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 9, p. 271-279, 30 abr. 2018. DOI: 10.21438/rbgas.050918. Disponível em: http://revista.ecogestaobrasil.net/v5n9/v05n09a18.html. Acesso em: 15 abr. 2021.

MUNDOISOPOR. **Origem do EPS ISOPOR®: entenda como o material surgiu.** Disponível em: https://www.mundoisopor.com.br/curiosidades/origem-do-eps-isopor-entenda-como-o-material-surgiu. Acesso em: 17 abr. 2021.

NEUPLAST. **Polipropileno: Conheça as características e vantagens desse material.** Disponível em: https://www.neuplast.com.br/blog/polipropileno-conheca-as-caracteristicas-e-vantagens-desse-material/. Acesso em: 16 abr. 2021.

NUNES, E. C. D. **Termoplásticos: estruturas, propriedades e aplicações**. São Paulo – SP. Editora Erica, 2015.

PLANETAINSETO. **Tenébrio Gigante.** Disponível em: https://planetainseto.com.br/atracoes-do-planeta-inseto/tenebrio-gigante/. Acesso em: 05 mai. 2021

PLASTICSEUROPE. **Plastics – The facts 2019: An analysis of European plastics production, demand, and waste data**. Disponível em: https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf. Acesso em: 17 abr. 2021.

PIATTI, T. M. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**/ Tânia Maria Piatti, Reinaldo Augusto Ferreira Rodrigues. - Maceió : EDUFAL, 2005. 51p. : il. - (Conversando sobre ciências em Alagoas). Disponível em: http://www.usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais-cadernos-tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf Acesso em: 14 abr. 2021.

SILVA, E. R. A. Coordenadora. **Agenda 2030: Ods-metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2018.
Disponível em: http://www.agenda2030.com.br/. Acesso em: 16 abr. 2021.

SOUZA, B. S. **Substituição do poliacetal para polipropileno na estrutura do prendedor de roupas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção). Universidade Santo Amaro – UNISA. São Paulo – SP, 2018. Disponível em: http://200.229.206.179/bitstream/handle/123456789/347/TCC%20-%20BEATRIZ%20SILVA%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 dez. 2021.

TELES, D. B. Brasil Gigante Pelo Próprio Lixo que Produz. **Atlas do Plástico.** Rio de Janeiro, Fundação Heinrich Böll Stiftung, Vol1, n19, novembro. 2020. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas%20do%20Pl%C3%A1stico%20-%20vers%C3%A3o%20digital%20-%2030%20de%20novembro%20de%202020.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

TELES, J. J. S. **Sustentabilidade e Economia Circular: O desafio do plástico**. 2020. Dissertação (Mestrado em Administração Público-Privada) - Universidade de Coimbra, Coimbra – PT, 2020. Disponível em: https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/92729. Acesso em: 15 abr. 2021.

United Nations Environment Programme. (2016). **UNEP FRONTIERS 2016 REPORT: Emerging issues of environmental concern**. Disponível em: https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7664. Acesso em: 15 abr. 21.

Word Wide Fund for Nature (WWF). **Brasil é o 4° País do mundo que mais gera lixo plástico no mundo.**Disponível online em:https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico. Acesso em: 16 abr. 2021.

YANG, Y.; YANG, J.; WU, W.; ZHAO, J.; SONG, Y.; GAO, L.; YANG, R.; JIANG, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 1. Chemical and physical characterization and isotopic tests. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 20, p. 12080-12086, 212 set. 2015. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02661. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b02661. Acesso em: 14 abr. 2021.

YANG, Y.; YANG, J.; WU, W.; ZHAO, J.; SONG, Y.; GAO, L.; YANG, R.; JIANG, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 2. Role of gut microorganisms. **Environmental science & technology**, v. 49, p. 12087-12093, 21 set. 2015. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02663. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b02663. Acesso em: 14 abr. 2021.

ANEXO A - Direitos autorais - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998

Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998[1].

Mensagem de veto

Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I - Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;

XI - produtor - a pessoa física ou jurídica que toma a iniciativa e tem a responsabilidade econômica da primeira fixação do fonograma ou da obra audiovisual, qualquer que seja a natureza do suporte utilizado;

XII - radiodifusão - a transmissão sem fio, inclusive por satélites, de sons ou imagens e sons ou das representações desses, para recepção ao público e a transmissão de sinais codificados, quando os meios de decodificação sejam oferecidos ao público pelo organismo de radiodifusão ou com seu consentimento;

XIII - artistas intérpretes ou executantes - todos os atores, cantores, músicos, bailarinos ou outras pessoas que representem um papel, cantem, recitem, declamem, interpretem ou executem em qualquer forma obras literárias ou artísticas ou expressões do folclore.

Art. 6º Não serão de domínio da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios as obras por eles simplesmente subvencionadas.

---

[1] Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9610.htm.