



# Perda de massa em PET irradiado por UV e submetido à degradação por *Trametes villosa*

## LOSS OF MASS IN PET IRRADIATED BY UV AND SUBMITTED TO DEGRADATION BY *TRAMETES VILLOSA*

Nathalia Francisco Paraizo\*, Daiane Cristina Lenhard†,  
Luan Batista Peres de Abreu‡, Paulo Rodrigo Stival Bittencourt§

### RESUMO

O politereftalato de etileno (PET) é um polímero amplamente utilizado na indústria de bebidas e é considerado potencialmente poluente ao ambiente, devido à sua lenta degradabilidade e pouca biodegradação. O objetivo do trabalho foi avaliar a perda de massa de PET virgem, irradiado por UV, devido à degradação por *Trametes villosa*. Tiras do PET virgem foram submetidas à radiação UV em diferentes intervalos. Para os ensaios de biodegradação o PET foi recortado na forma de quadrados de 11 x 11mm ou de círculos com 15mm de diâmetro e cinco recortes do PET foram distribuídos em placas de Petri contendo substrato Agar Batata Dextrosado, assim como, um inoculo do fungo. Também foram realizados ensaios nas mesmas condições utilizando PET não irradiado. As placas foram incubadas a 22°C, e avaliou-se a perda de massa no PET devido à ação do fungo, em diferentes períodos de incubação. Em todos os períodos de incubação a perda de massa no PET irradiado foi superior à perda de massa nas amostras não irradiadas. No entanto, verificou-se uma diminuição na perda de massa com o tempo de incubação, que pode ser resultado da aderência da hifa fúngica no interior do PET, não sendo totalmente extraída na limpeza.

**Palavras-chave:** Fungo, degradação, Politereftalato de etileno

### ABSTRACT

Polyethylene terephthalate (PET) is a polymer widely used in the beverage industry and is considered potentially polluting to the environment due to its slow degradability and low biodegradation. The objective of the study was to evaluate the loss of mass of virgin PET irradiated by UV due to degradation by *Trametes villosa*. Virgin PET strips were submitted to UV radiation at different intervals. For the bioassays the PET was cut out in the form of squares of 11 x 11mm or circles with 15mm diameter and five PET cutouts were distributed in Petri dishes containing Dextrose Potato Agar substrate, as well, a fungus inoculum. Tests under the same conditions were also performed using non-irradiated PET. The plates were incubated at 22°C, and the loss of mass in the PET was evaluated due to the action of the fungus, in different incubation periods. In all incubation periods, the loss of mass in irradiated PET was higher than the loss of mass in the non-irradiated samples. However, there was a decrease in the loss of mass with the incubation time, which may be a result of the adhesion of the fungal hypha inside the PET, not being fully extracted in the cleaning.

**Keywords:** Fungus, degradation, polyethylene terephthalate

\* Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil; [naparaizo@hotmail.com](mailto:naparaizo@hotmail.com)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira; [daianelenhard@utfpr.edu.br](mailto:daianelenhard@utfpr.edu.br)

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira; [luanbatista249@gmail.com](mailto:luanbatista249@gmail.com)

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira; [paulob@utfpr.edu.br](mailto:paulob@utfpr.edu.br)



## 1 INTRODUÇÃO

Plásticos são polímeros orgânicos de alto peso molecular, sintéticos ou derivados de compostos orgânicos naturais, que podem ser moldados de diversas formas e repetidamente, pelo auxílio de calor e pressão (SARANTÓPOULOS et al., 2002)

De acordo com Canevaloro (2010):

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição), em que, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente [...] Através da matéria prima para a produção de um polímero é possível gerar plásticos, borrachas e fibras, ou seja, a geração de cada classe depende do tipo de monômero (estrutura química), do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente.

Os plásticos são considerados potencialmente poluentes ao ambiente, devido à sua lenta degradabilidade e pouca biodegradação (MILLER, 2007).

Dentre os polímeros, destaca-se o politereftalato de etileno (PET) que é amplamente utilizado na indústria de bebidas, principalmente para o envase de bebidas carbonatadas, devido a suas ótimas propriedades mecânicas e térmicas aliadas ao seu baixo custo de produção (ROMÃO, SPINACÉ e PAOLI, 2009). Sabe-se que esse material pode sofrer degradações em virtude da exposição ao ambiente, por meio da radiação de alta energia, como a luz ultravioleta.

Koschevic (2015) avaliou a degradação de amostras de PET virgem utilizando uma câmara de irradiação UV acelerada, em diferentes tempos de irradiação (24, 48 e 96h). A autora verificou que a radiação UV alterou significativamente as propriedades do PET, o que influencia na sua estabilidade e na sua biodegradabilidade.

A degradação de um material polimérico pode ter sua origem em diferentes aspectos combinados, implicando em uma análise mais complexa dos resultados e produtos gerados nela, e pela diversidade de variáveis envolvidas no processo de degradação em si. A degradação de um polímero depende da natureza do mesmo e das condições a que é submetido, podendo vários desses fatores abióticos até a assimilação por microrganismo. (VINHAS, 2007)

De acordo com Chandra (1998, *apud* BRANDALISE, 2008) a degradação biótica ocorre pela ação de enzimas produzidas por microrganismo que ocorrem no meio ambiente ou em órgãos de animais. A biodegradação converte compostos orgânicos em compostos orgânicos mais simples.

De acordo com MADIGAN, et al (2010):

Dentre os microrganismos responsáveis pela biodegradação, encontram-se os fungos, um imenso grupo diverso e amplamente disseminado de organismos, como bolores, leveduras e cogumelos que formam um grupo filogeneticamente distinto dos outros organismos, com habitats diversos, e podem variar entre aquáticos de água doce ou marinhos, mas que em sua maioria é terrestre. Na natureza desempenham um papel fundamental relacionado à mineralização do carbono orgânico e a degradação da matéria morta.

Segundo Madigan et al (2010), os fungos da podridão branca, da classe de basidiomicetos, tem considerável interesse ecológico por desempenhar um papel importante na decomposição de materiais lenhosos e com grandes cadeias carbônicas. Alguns desses fungos já foram avaliados para degradação de PET.



Jara (2007) avaliou o desempenho do cogumelo *Phanerochaete chrysosporium* na degradação de tereftalato de polietileno. A autora verificou alterações na superfície do polímero, com perda de massa polimérica, em PET tratados previamente com radiação UV.

As espécies *Pleurotus sajorcaju*, *Pleurotus tailandia*, *Pleurotus sp*, *Phanerochaete chrysosporium* e *Agaricus campestris* foram avaliadas por Reyes (2003) para degradação de PET, que verificou que todas as linhagens promoveram perda de massa de PET.

Baseado nas considerações feitas, pode-se perguntar: O fungo basidiomiceto *Trametes villosa* é capaz de degradar amostras de PET que tenham sido submetidas, previamente, à degradação por radiação UV?

Portanto, diante do exposto, este trabalho teve como objetivo a perda de massa de politereftalato de etileno virgem, irradiado por UV, devido à degradação por *Trametes villosa*.

## 2 MÉTODO

Para os ensaios de degradação utilizou-se garrafas PET virgem (Figura 1), pré-consumo, de forma a minimizar a provável interferência residual de embalagens pós-consumo, como por exemplo, a aderência de açúcares e resíduos do produto envasado.

Para o processo de irradiação do PET, foram recortadas tiras largas do centro das garrafas PET (parte mais regular), que foram esticadas e fixadas na superfície da câmara de UV acelerada, dispostas na direção logo abaixo da lâmpada. As amostras foram irradiadas em intervalos de 24, 48 e 96 horas. Também foram realizados ensaios com PET não irradiado, para comparação (0h).

**Figura 1 – Garrafa de PET virgem**



**Fonte: Autoria própria (2020).**

O PET foi então recortado na forma de quadrados de 11mm x 11mm ou de círculos com 15mm de diâmetro (Figura 2). As amostras circulares foram utilizadas no PET irradiado por 48h, e para o restante dos ensaios foi utilizado o formato quadrado. Esses tamanhos de amostra favorecem a disposição das mesmas em placas Petri para degradação em cultura sólida, que foi realizado na sequência da degradação por radiação UV.

As amostras recortadas foram higienizadas utilizando etanol 70% e secas suavemente utilizando papel toalha macio sendo, na sequência, armazenadas em recipiente fechado e ao abrigo da luz até o momento de sua utilização.

As linhagens fúngicas para os ensaios de biodegradação foram cedidas pelo Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá – UEM, estado do Paraná.

**Figura 2 – Amostras de PET recortadas e higienizadas**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

O microrganismo *Trametes villosa* foi selecionado para os ensaios, sendo cultivado em placas-de-Petri (90x15mm) preparadas com um substrato sólido Agar Sabouraud Dextrosado (Biolog), deixados para crescimento em estufa climatizada a  $22 \pm 2$  °C por 21 dias, em seguida, acondicionados em geladeira a  $5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ .

Após o crescimento em placas de Petri, o microrganismo foi utilizado para a degradação das amostras PET. Para essa etapa, o inóculo  $\varnothing$  1,18 cm<sup>2</sup> do fungo *T. villosa* foi adicionado no centro de uma placa de Petri contendo substrato sólido Batata-Dextrose-Agar (BDA) e cinco (5) amostras do PET quadrado ou quatro (4) amostras do PET circular, previamente pesadas e esterilizadas, foram distribuídas na mesma placa.

As placas foram incubadas a  $22 \pm 2$  °C durante diferentes períodos. Após a incubação, as amostras de PET foram retiradas das placas e deixadas em solução de NaOH 5M por 4 horas, em seguidas foram enxaguadas com água destilada e deixadas em água destilada por mais quatro horas. Após esse período as amostras foram retiradas da água e colocadas para secar em estufa à 50°C por 8 horas.

A perda de massa foi avaliada por gravimetria (em percentual), e a diferença entre os tempos de radiação foi analisada pelo teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de confiança de 95%.

Foram realizados ensaios controle, em placas contendo as amostras de PET sem o inóculo do fungo, e em placas contendo o inóculo do fungo, sem amostras PET.

Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

### 3 RESULTADOS

Os resultados da perda de massa de PET, após diferentes períodos de incubação estão resumidos na Tab. 1.

**Tabela 1 – Perda de massa de PET devido à degradação pelo fungo *Trametes Villosa***

Tempo de Irradiação	Perda de massa (%)		
	21 dias	42 dias	63 dias
0 h	0,5930 $\pm$ 0,0852 b	0,4271 $\pm$ 0,0341 ab	0,1846 $\pm$ 0,0195 b
24h	0,9197 $\pm$ 0,0700 a	0,4600 $\pm$ 0,2447 ab	0,3302 $\pm$ 0,0037 b

48h	0,9916 ± 0,0831 a	0,7015 ± 0,0492 a	0,9081 ± 0,0555 a
96h	0,8785 ± 0,0460 a	0,3071 ± 0,0670 b	0,8191 ± 0,2894 a

\* Letras diferentes na mesma coluna representam médias estatisticamente diferentes, ao nível de 95% de confiança.

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Com vinte um (21) dias de incubação já se verificou perda de massa no PET, sendo que as amostras previamente irradiadas (independente do tempo de incubação) apresentaram maior perda de massa que a amostra não irradiada. Em todos os tempos de incubação a perda de massa no PET irradiado por 48h foi superior à perda de massa no PET não irradiado. Indicando a importância da irradiação prévia.

Verifica-se ainda que houve redução na perda de massa com o aumento do tempo de incubação. Esse resultado não significa necessariamente que a perda de massa do PET foi maior, pois com o aumento do tempo de incubação pode-se ter uma maior aderência da hifa fúngica no interior da matriz polimérica, dificultando a extração de todos os vestígios no interior do fungo e contribuindo assim para uma massa maior no final do tratamento. Esse comportamento também foi verificado por Koschevic (2015) ao estudar a degradação de PET por *Lentinula edodes*.

Shah et al. (2008) afirma que o método gravimétrico utilizado em ensaios de biodegradação é apenas um indicativo de que ocorram alterações, pois, pode ocorrer a forte aderência do fungo na matriz polimérica, que acarreta a formação de resíduos no interior, e pode não ocorrer uma separação adequada na limpeza do espécime.

Não foi verificada perda de massa nos ensaios controle, em que o PET foi incubado em placas de Petri sem a amostra fúngica.

#### 4 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada demonstrou, em concordância com outros trabalhos, que a irradiação do PET antes de submetê-lo à degradação pelo fungo influencia positivamente na perda de massa. Além disso o fungo *Trametes villosa* apresentou potencial para degradação do PET.

No entanto, outras análises devem ser realizadas para verificar se houve alteração na estrutura do PET após a degradação abiótica (pela ação da radiação UV) e após a degradação biótica (pelo fungo).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira pelo apoio técnico e tecnológico, colaborando para efetivação dessa pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

BRANDALISE, R. **Avaliação da degradação biótica e abiótica da mistura polimérica de polietileno de alta densidade com o poli (álcool vinílico)**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de pós graduação em Engenharia de Minas, metalúrgica e de Materiais PPGEM. Porto Alegre, p. 29. 2008. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/14861>. Acesso em 10/07/2021.



- CANEVALORO Jr, S. V. **Ciência dos Polímeros—Um Texto Básico Para Tecnólogos e Engenheiros**. Artliber Editora, 2010, São Paulo – SP, 3ª Edição, 280p.
- CHANDRA M, ROY SK. **Plastics Technology Handbook**, Marcel Dekker Inc, New York, 1997.
- JARA, Alícia Maria Andrade Torres. **Biofilmes e enzimas sintetizados no processo de degradação do tereftalato de polietileno por bacillus subtilis e phanerochaete chrysosporium**. 2007, 88 f. Dissertação (Mestrado - Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais). Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2007. Disponível em: <http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/595>. Acesso em 10/07/2021.
- KOSCHEVIC, M. T. **Degradação biótica do politereftalato de etileno irradiado por ultravioleta com a utilização do fungo ligninolítico Lentinula edodes**. 2015, 158 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira – PR - Brasil, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2922>. Acesso em: 18 de julho de 2021.
- MADIGAN, Michel T; MARTINKO, John M; DULAP, Paul V; CLARK, David P. Microbiologia de Brock. Tradução: Andréia Queiroz Maranhão [et. al.]. 12 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- MILLER, G. Tyler. **Ciência Ambiental**. 11 ed. Tradução: All Tasks. Revisão técnica: Wellington Brás de Carvalho Delitti. São Paulo, SP: Thompson Learning, 2007.
- REYES, L. F. **Estudo da degradação de Polietileno Tereftalato (PET) por Fungos Basidiomicetes Lignofílicos**. 2003. 104f. Dissertação Mestrado em Ciência de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/254763>. Acesso em 20/08/2021.
- ROMÃO, Wanderson; SPINACÉ Márcia A. S.; PAOLI, Marco A. De. Poli (Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 19, n 2, p. 121-132, 2009.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. **Embalagens plásticas flexíveis: Principais polímeros e avaliação de propriedades**. CETEA/ITAL, Campinas - SP, 2002, 1ª Edição, 267p.
- SHAH, Aamer Ali, HASAN, Fariha, HAMEED, Abdul, AHMED, Safia. Biological degradation of plastics: A comprehensive review, **Biotechnology Advances**, v. 26, n. 3 p. 246-265, 2008.
- VINHAS, G; ALMEIDA, Y. M. B.; LIMA, M. A. G. A. Estudo das propriedades e biodegradabilidade de blendas de poliéster/amido submetidas ao ataque microbiano. **Química Nova**, v. 30, p. 1584-1588, 2007.