

# Relação entre atributos químicos do solo e degradação de plástico

## *Relationship between soil chemical attributes and plastic degradation*

Giovana Clarice Poggere\*, Lucas Lopes Fialho†

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar a influência dos atributos químicos e teores de matéria orgânica do solo na degradação de plásticos. O solo da mata e o solo descoberto foram coletados na camada de 0-10 cm para análises químicas de rotina. Foram avaliados dois tipos de plásticos, sendo um oxibiodegradável e o outro p de polietileno de baixa densidade (PEBD). Pedacos com tamanho de 10 x 10 cm foram pesados, envelopados e enterrados a 5 cm abaixo da superfície do solo. As avaliações foram realizadas aos 90 dias após a instalação do experimento para verificar a perda de massa. Os dados foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey a 5% com auxílio do programa Sisvar. Após 90 dias de contato com o solo não houve diferença na degradação de plásticos oxibiodegradável e de polietileno de baixa densidade em solo de mata e em solo descoberto. Sugere-se que a avaliação seja feita com intervalos de tempos superior a 90 dias. O solo de mata com maior teor de matéria orgânica apresentou uma tendencia a ser mais eficiente na degradação de plásticos do que o solo descoberto e com menor teor de matéria orgânica.

**Palavras-chave:** biodegradável, polímero, poluição, matéria orgânica do solo, microorganismos.

### ABSTRACT

The objective of this work is to verify the influence of chemical attributes and soil organic matter contents on plastic degradation. The forest soil and bare soil were collected in the 0-10 cm layer for routine chemical analysis. Two types of plastics were evaluated, one being oxo-biodegradable and the other low-density polyethylene (LDPE). Pieces measuring 10 x 10 cm were weighed, enveloped and buried 5 cm below the soil surface. The evaluations were carried out 90 days after the installation of the experiment to verify the loss of mass. Data were subjected to analysis of variance and comparison of means by the Tukey test at 5% using the Sisvar program. After 90 days of contact with the soil there was no difference in the degradation of oxo-biodegradable plastics and low-density polyethylene in forest soil and in bare soil. It is suggested that the evaluation be carried out with time intervals greater than 90 days. The forest soil with higher organic matter content tended to be more efficient in plastic degradation than bare soil and with lower organic matter content.

**Keywords:** biodegradable, polymer, pollution, soil organic matter, microorganisms.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso de plásticos teve importante efeito no modo de vida das pessoas, atualmente, sendo considerado essencial devido à sua extensa gama de aplicações. Grande parte de sua importância está relacionado ao fato desses materiais ter certa durabilidade e ao baixo custo. Para se ter noção da sua importância, ressalta-se que a produção anual de plásticos à base de petróleo excedeu 300 milhões de toneladas

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

† Engenharia Ambiental, Universidade tecnológica federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil; [fialho@alunos.utfpr.edu.br](mailto:fialho@alunos.utfpr.edu.br)



em 2015 (EMADIAN et al., 2017). A durabilidade dos plásticos convencionais é positiva em termos de uso, contudo, por outro lado, significa que eles podem permanecer no ambiente por décadas ou mesmo séculos. Como consequência, significantes quantidades de plástico se acumulam no meio ambiente e nos aterros resultando em poluição ambiental (HOPEWELL et al., 2009). Devido ao crescimento populacional e, em consequência, o uso de plásticos, cada vez mais está sendo discutida a poluição associada a esses materiais (PROVENCHER et al., 2020; ROSE, 2020).

Nesse sentido, vêm sendo pesquisados diversos materiais plásticos produzidos a partir de fontes renováveis alternativas ao petróleo. Em geral, tem sido buscado materiais que tenham durabilidade mínima (semanas ou meses), mas que em condições de solo e água, estes materiais sejam degradados rapidamente. Assim, os plásticos biodegradáveis são considerados uma via para diminuir os efeitos deletérios ao ambiente (TIAN & BILAL, 2020).

A degradação de plásticos no solo varia em função da localização do plástico no solo, fatores ambientais (edáficos e climáticos) e com a natureza do plástico. Quando o plástico fica na superfície do solo, ou seja, mais exposto a luminosidade do sol, sua degradação é favorecida pela fotodegradação. Quando o plástico se encontra enterrado, seja por movimentação intencional ou não-intencional de solo, sua decomposição é mais dependente da composição do solo. Nessa condição, os plásticos são degradados principalmente por processos mediados por microrganismos (FOTOPOULOU & KARAPANAGIOTI, 2017). Assim, estudos em condições de laboratório e em campo têm demonstrado que fatores que afetam a atividade biológica no solo, como pH, teor de matéria orgânica, umidade, temperatura, impactam sobre a decomposição dos plásticos (MARTIN-CLOSAS et al., 2016; PEIXOTO et al., 2017; BANDOPADHYAY et al., 2018; ZANELLA et al., 2018; PIRES et al., 2019; GHIMIRE et al., 2020; YAMAMOTO-TAMURA et al., 2020), sendo que em condições de campo a decomposição tende a ser mais lenta, devido a instabilidade e variabilidade de variáveis como temperatura e umidade (HOSNI et al., 2019). Contudo, em geral, os resultados são concordantes para o potencial de decomposição de um determinado material plástico avaliado em condição de campo e em laboratório.

Considerando a variabilidade associada a decomposição de plásticos no solo, em termos de condições edáficas e climáticas, para determinar o potencial de biodegradação de plásticos no solo é importante considerar as particularidades de solo e clima de cada região. Nas condições brasileiras são incipientes os estudos nesse sentido (PEIXOTO et al., 2017; FREITAS et al., 2019; PIRES et al., 2019). Na região oeste do Paraná existe grande quantidade de áreas de preservação, com abundante vida silvestre, em paralelo a presença de áreas urbanas. Pode ser destacado o Parque Nacional do Iguaçu como a principal área de preservação dessa região, que recebe anualmente milhares de turistas. Considerar a capacidade de decomposição de materiais plásticos no solo dessa região pode ser útil para selecionar plásticos que se degradam mais rapidamente, visando menos impacto ambiental caso estes venham a ser depositados no solo. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar a influência dos atributos químicos e teores de matéria orgânica do solo na degradação de plásticos de diferentes composições.

## 2 MÉTODO

O experimento foi instalado em área de mata preservada que está localizada dentro da área da UTFPR Campus Medianeira. Nesta área, uma pequena parcela de solo está descoberta, sem presença de vegetação. O solo da mata e o solo descoberto foram coletados na camada de 0-10 cm para análises químicas de rotina (pH, condutividade elétrica, carbono, teor de nutrientes) e físicas (teores de argila, silte e areia).

Foram avaliados dois tipos de plásticos comumente usados na fabricação de sacolas plásticas e sacos de lixo, sendo selecionados um plástico oxibiodegradável (sacolinha de mercado) e um plástico de polietileno de



baixa densidade (PEBD) (saco de lixo preto). Pedacos desses tipos de plástico de com tamanho de 10 x 10 cm foram pesados em balança de precisão, envelopados em tela plástica (não-degradável a curto espaço de tempo) e fechados com linha de acrílico, procedimento que visou facilitar a instalação e retirada do material durante o experimento. Os plásticos serão enterrados a 5 cm abaixo da superfície do solo.

As avaliações foram realizadas aos 90 dias após a instalação do experimento. Os plásticos foram retirados do solo, lavados serão lavados cuidadosamente com água visando a retirada de partículas de solo e secos com papel toalha. Posteriormente, foi determinado o peso dos plásticos para verificar a perda de massa. Cada unidade experimental foi composta por três pedacos de cada plástico. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento completamente casualizado com dois tipos de plásticos e três repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância (Anova) e comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa Sisvar.

### 3 RESULTADOS

Esta seção mostra os dados originais obtidos na pesquisa e sintetizados pelo autor com o intuito de fornecer resposta à questão que motivou a investigação. Obrigatoriamente deve responder às questões: o que foi encontrado? Quais os fatos revelados pela investigação? A análise do solo da mata e do solo descoberto apresentou diferenças no teor de carbono orgânico (CO) (Tabela 1). Isso já era esperado em decorrência da cobertura vegetal abundante observada na área de mata. Essa cobertura promove o incremento de carbono orgânico o que também favorece maior diversidade e riqueza de microrganismos, favorecendo a degradação de plásticos [8](Peixoto et al., 2017). Estes mesmos autores isolaram nove bactérias com potencial para degradação de plástico e observaram que os plásticos sofreram oxidação e modificações na sua composição química, indicando o potencial da aplicação desses organismos na gestão de resíduos sólidos.

**Tabela 1. Análise química do solo da mata e do solo descoberto no qual foram enterrados os plásticos para monitoramento da degradação**

Identificação	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	t	T	V	CO
	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								%	g kg <sup>-1</sup>
Solo da Mata	4,8	1,5	0,31	5,0	2,3	0,03	5,8	7,6	7,7	13,4	57	23,4
Solo Descoberto	5,2	3,5	0,80	3,8	1,9	0,00	3,8	6,7	6,7	10,5	64	16,0

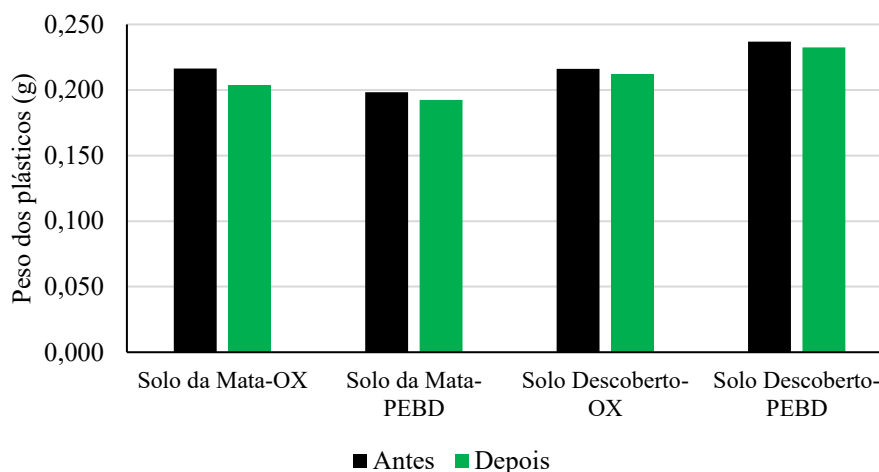
**Fonte: Autoria própria (2021).**

No presente trabalho não foi observada diferença significativa na diminuição de peso entre os plásticos avaliados antes e após 90 dias de contato com o solo (Figura 1). Um dos fatores que pode ter influenciado neste resultado foi a variação dos pesos inicial entre as repetições. Para uma mesma área de plástico PEBD, por exemplo, o peso inicial foi de 0,27 g para uma repetição e de 0,13 g. Desta forma, para evitar que essa diferença interferisse na análise estatística, seria necessário um número maior de repetições.

Os plásticos tradicionalmente utilizados, como aqueles de polietileno, apresentam baixa decomposição em curto período de tempo quando comparados a novos materiais biodegradáveis. 16 Barragán et al. (2016) verificaram que após seis meses de incubação no solo não ocorreu alteração em plástico de polietileno de baixa densidade, enquanto que plásticos a base de amido-copolíester e ácido polilático-copolíester apresentaram decomposição entre 90 e 100%. 14 Hosni et al. (2019) reportam que plástico de policaprolactona teve decomposição mais rápida que plásticos de polihidroxibutirato, ácido polilático e poli-1-4-butileno succinato

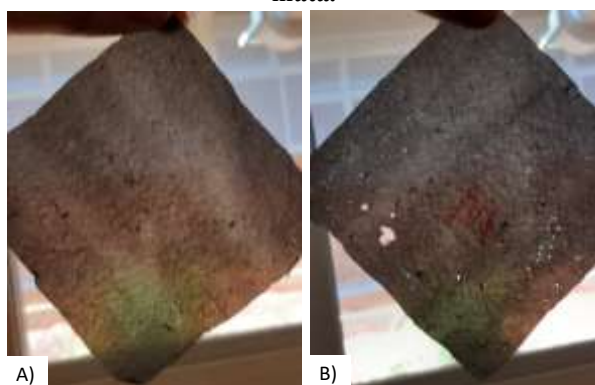
após incubação no solo. No presente estudo, após 90 dias de contato do solo com os plásticos foi possível observar pequenas alterações no plástico de polietileno, como o aparecimento de pequenos orifícios, demonstrando o início do processo de degradação (Figura 2). Apesar de não se observar diferença estatística significativa, em média a porcentagem de perda de massa para o plástico oxibiodegradável foi de 5,3% quando enterrado no solo de mata e de 2,0% quando enterrado no solo descoberto. Já para o plástico PEBD a perda de massa foi de 2,7% no solo de mata e de 1,8% no solo descoberto. Isso reforça a importância dos microrganismos decompositores na degradação desse tipo de material. Contudo, para se obter resultados mais claros e conclusivos, haveria necessidade de um tempo maior de contato dos plásticos com o solo e o monitoramento do peso em diferentes períodos.

**Figura 1. Pesos dos plásticos oxibiodegradável (OX) e polietileno de baixa densidade (PEBD) antes de serem enterrados ao solo e após 90 dias em contato com o solo.**



Fonte: Autoria própria (2021).

**Figura 2. Amostra de plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD) após 90 dias enterrado em solo descoberto (A) em solo de mata (B), evidenciando o início do processo de degradação mais evidente no solo de mata.**



Fonte: Autoria própria (2021).



Há ainda um fator que deve ser melhor compreendido. Os plásticos oxibiodegradáveis são desenvolvidos para que se decomponham mais rapidamente. Contudo, para que a oxibiodegradação aconteça é necessário primeiramente a ação do oxigênio, da temperatura e da radiação ultravioleta para que haja a quebra das estruturas de plástico em fragmentos menores. Posteriormente ocorre a biodegradação pelos microrganismos decompositores (Pesquisa Fapesp, 2021). Desta forma, o plástico oxidodegradável ao se enterrado não entra em contato com a radiação, o que pode dificultar a diminuição do tamanho para que posteriormente ocorre a ação dos microrganismos. Isso pode acarretar em efeito contrário: ao invés de ser degradado mais rapidamente, esse tipo de plástico pode permanecer por mais tempo no ambiente quando enterrado. Contudo, seriam necessários um estudo mais detalhado para se verificar esse aspecto.

#### 4 CONCLUSÃO

Após 90 dias de contato com o solo não houve diferença significativa na degradação de plásticos oxibiodegradável e de polietileno de baixa densidade em solo de mata e em solo descoberto. Sugere-se que a avaliação seja feita com intervalos de tempos superior a 90 dias.

O solo de mata com maior teor de matéria orgânica apresentou uma tendência a ser mais eficiente na degradação de plásticos do que o solo descoberto e com menor teor de matéria orgânica.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UTFPR Campus Medianeira pelo apoio na elaboração deste projeto e também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos do discente Lucas Lopes Fialho.

#### REFERÊNCIAS

- BANDOPADHYAY, S., MARTIN-CLOSAS, L., PELACHO, A. M., DEBRUYN, J. M. Biodegradable plastic mulch films: Impacts on soil microbial communities and ecosystem functions. **Frontiers in microbiology**, 9: 819, 2018.
- BARRAGÁN, D. H., PELACHO, A. M., MARTIN-CLOSAS, L. Degradation of agricultural biodegradable plastics in the soil under laboratory conditions. **Soil Research**, 54(2): 216-224, 2016.
- EMADIAN, S.M., ONAY, T.T., DEMIREL, B. Biodegradation of bioplastics in natural environments. **Waste Management**, 59: 526–536, 2017.
- FREITAS, V. I. G. L.F., OLIVEIRA, N. B., SOARES, G. L. C., COUY, D., GANGÁ, W. F.S. Análise e avaliação comparativa da degradação das sacolas tradicionais e oxibiodegradáveis. *Revista Científica Doctum Multidisciplinar*, 2(3), 2019.
- FOTOPOULOU, K. N., KARAPANAGIOTI, H. K. Degradation of various plastics in the environment. In: Takada, H., Karapanagioti, H. K. **Hazardous chemicals associated with plastics in the marine environment**. Springer. 2017. pp. 71-92.



GHIMIRE, S., FLURY, M., SCHEENSTRA, E. J., MILES, C. A. Sampling and degradation of biodegradable plastic and paper mulches in field after tillage incorporation. **Science of The Total Environment**, 703: 135577, 2020.

HOPEWELL, J., DVORAK, R., KOSIOR, E., Plastics recycling: challenges and opportunities. **Philosophical Transactions of the Roroyal Society B**, 364: 2115–2126, 2009.

HOSNI, A. S., PITTMAN, J. K., ROBSON, G. D. Microbial degradation of four biodegradable polymers in soil and compost demonstrating polycaprolactone as an ideal compostable plastic. **Waste Management**, 97: 105-114, 2019.

MARTIN-CLOSAS, L., COSTA, J., CIRUJEDA, A., AIBAR, J., ZARAGOZA, C., PARDO, A., SUSO, M.L., MORENO, M.M., MORENO, C., LAHOZ, I., MÁCUA, J.L., PELACHO, A.M. Above-soil and in-soil degradation of oxo-and bio-degradable mulches: a qualitative approach. **Soil Research**, 54(2): 225-236, 2016.

PROVENCHER, J. F., LIBOIRON, M., BORRELLE, S. B., BOND, A. L., ROCHMAN, C., LAVERS, J. L., AVERY-GOMM, S., YAMASHITA, R., RYAN, P.G., LUSHER, A.L., HAMMER, S., BRADSHAW, H., KHAN, J., MALLORY, M.L. A horizon scan of research priorities to inform policies aimed at reducing the harm of plastic pollution to biota. **Science of The Total Environment**, 733: 139381, 2020.

PEIXOTO, J., SILVA, L. P., KRÜGER, R. H. Brazilian Cerrado soil reveals an untapped microbial potential for unpretreated polyethylene biodegradation. **Journal of Hazardous Materials**, 324: 634-644, 2017.

PIRES, J. P., MIRANDA, G. M., DE SOUZA, G. L., FRAGA, F., DA SILVA RAMOS, A., DE ARAÚJO, G. E., LIGABUE, R.A., AZEVEDO, C.M.N., LOUREGA, R.V., LIMA, J.E.A. Investigation of degradation of polypropylene in soil using an enzymatic additive. **Iranian Polymer Journal**, 28(12): 1045-1055, 2019.

REVISTA FAPESP. **Degradação difícil**. Yuri Vasconcelos, Edição 152, out. 2008. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/degradacao-dificil/>. Acesso em: 03 set 2021.

ROSE, A. A solution to plastic pollution? Using international law to shape plastic regulation in the United States. **Hastings Environmental Law Journal**, 26(1): 127, 2020.

TIAN, K., BILAL, M. Research progress of biodegradable materials in reducing environmental pollution. In: Singh, P., Kumar, A., Borthakur, A. **Abatement of Environmental Pollutants**. Elsevier, 2020. pp. 313-330.

ZANELLA, F., MORAES, R. A. D., LIMA, N. B. D., LIMA, A. L. D. S. Sacolas oxibiodegradáveis: degradação em decorrência da condição de descarte. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 5(9): 133-140, 2018.

YAMAMOTO-TAMURA, K., HOSHINO, Y. T., TSUBOI, S., HUANG, C., KISHIMOTO-MO, A. W., SAMESHIMA-YAMASHITA, Y., KITAMOTO, H. Fungal community dynamics during degradation of poly (butylene succinate-co-adipate) film in two cultivated soils in Japan. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, 84(5): 1077-1087, 2020.