

Perspectivas de degradação biológica de poliésteres em meio sólido

Perspectives of biological degradation of polyesters in solid medium

RESUMO

Patricia de França Marins
marinsp@outlook.com.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

Reinaldo Yoshio Morita
rmorita@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

Antonio Guilherme Pereira
antoniog@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

A biotecnologia tem se destacado nos últimos anos em diversas áreas, uma delas tem sido a degradação biológica de polímeros. Esta surgiu devido a sua grande aplicabilidade e em decorrência disso, seu grande acúmulo após sua vida útil. Desta forma, o estudo da degradação biológica de espumas de poliuretanos (EPU) de origem vegetal é promissor, podendo resultar em uma destinação pós uso mais eficiente. O fungo *Penicillium spp.* foi inoculado seguido da adição da EPU rígida e EPU flexível. As amostras das espumas com diâmetro de 1 cm e 0,5 cm de espessura foram incubadas em estufa a 29°C, por 60 dias. As amostras foram caracterizadas morfológicamente por microscopia óptica, sendo possível observar que houve colonização do microrganismo na superfície e no interior da amostra, apresentando falhas na superfície, sendo este um dos indicativos de degradação. As alterações físicas observadas, como o resultado da gravimetria, demonstraram que o microrganismo secretou enzimas sobre a superfície, degradando o polímero em estruturas de tamanhos menores. Os resultados obtidos, possibilitam novas estratégias de destinação desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Biodegradação. *Penicillium spp.* Poliuretano vegetal.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Biotechnology has been stood out in the last years in several areas, one of which has been the biological degradation of polymers. This arose due to its great applicability and as a result, its great accumulation after its useful life. Thus, the study of the biological degradation of polyurethane foams (EPU) of plant origin is promising and may result in a more efficient post-use destination. The fungus *penicillium spp.* Was inoculated followed by the addition of rigid epu and flexible epu. The samples of the foams with diameter of 1 cm and 0.5 cm of thickness were incubated in a greenhouse at 29°C, for 60 days. The samples were morphologically characterized by optical microscopy, and it was possible to observe that there was colonization of the microorganism on the surface and inside the sample, showing flaws in the surface, which is one of the indicatives of degradation. The physical alterations observed, as the result of gravimetry, demonstrated that the microorganism secreted enzymes on the surface, degrading the polymer in structures of smaller sizes. The results obtained, enable new strategies for the disposal of these residues

KEYWORDS: Biodegradation. *Penicillium spp.* Vegetable Polyurethane.

INTRODUÇÃO

As estratégias ecologicamente corretas, também chamadas de alternativas verdes, tem ganhado espaço e destaque nas indústrias, principalmente quando o tema se refere a materiais poliméricos (MOONEY, 2009). A preocupação com a sustentabilidade e a proteção ambiental, foram pilares importantes para o início da produção de polímeros biodegradáveis na década de 60.

Outro fator que contribuiu para o desenvolvimento dos materiais poliméricos foram os estudos indicando a futura escassez de fontes não renováveis, como o petróleo, até o próximo século (BENNETT; PEARSON, 2009). Desta forma, é notável a necessidade de encontrar matérias primas de fontes renováveis.

A característica de durabilidade e resistência dos materiais poliméricos permitiu uma gama de aplicações, entretanto, essa vantagem causou problemas no gerenciamento deste resíduo, devido ao grande acúmulo após a sua vida útil (BAKER et al, 2011). Dentre tantas classes de polímeros, os poliuretanos (PU) são conhecidos pela sua extrema versatilidade sendo possível sintetizá-lo permitindo a formação de diversos produtos distintos. Um exemplo são as espumas de poliuretano que podem ser de flexíveis à rígidas.

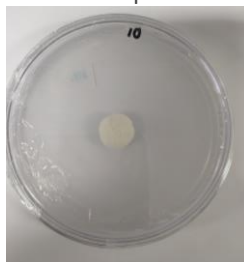
O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação biológica de espumas rígidas e flexíveis de poliuretanos, sintetizadas a partir de fontes renováveis, em meio sólido na presença do *Penicillium spp.*

MATERIAIS E MÉTODOS

As espumas de poliuretano flexível e rígida, sintetizadas a partir de óleo vegetal, fornecidas pela empresa Kehl®, foram preparadas no formato de discos com aproximadamente 1,0 cm de diâmetro e 0,5 cm de espessura. Foram lavadas e esterilizadas com álcool 70% e luz ultravioleta por 40 minutos de cada lado do material e por fim, medida a sua massa. Para o ensaio microbiológico foi utilizado o meio mineral sólido (g/L): NaNO_3 , 2,0; KHPO_4 , 0,7; K_2HPO_4 , 0,3; KCl , 0,5; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,01; ágar, 20; resultando em pH de 6,0 a 25,0°C.

Em placas de Petri foi adicionado o meio mineral seguido do disco de PU e aplicado o micélio fúngico sobre o material, conforme mostrado na Figura 1. O período de incubação foi de 30 e 60 dias numa incubadora B.O.D. com temperatura controlada de 29,0°C.

Figura 1 – Imagem do disco de EPU na placa de Petri contendo o meio sólido



Fonte: Autoria própria (2019).

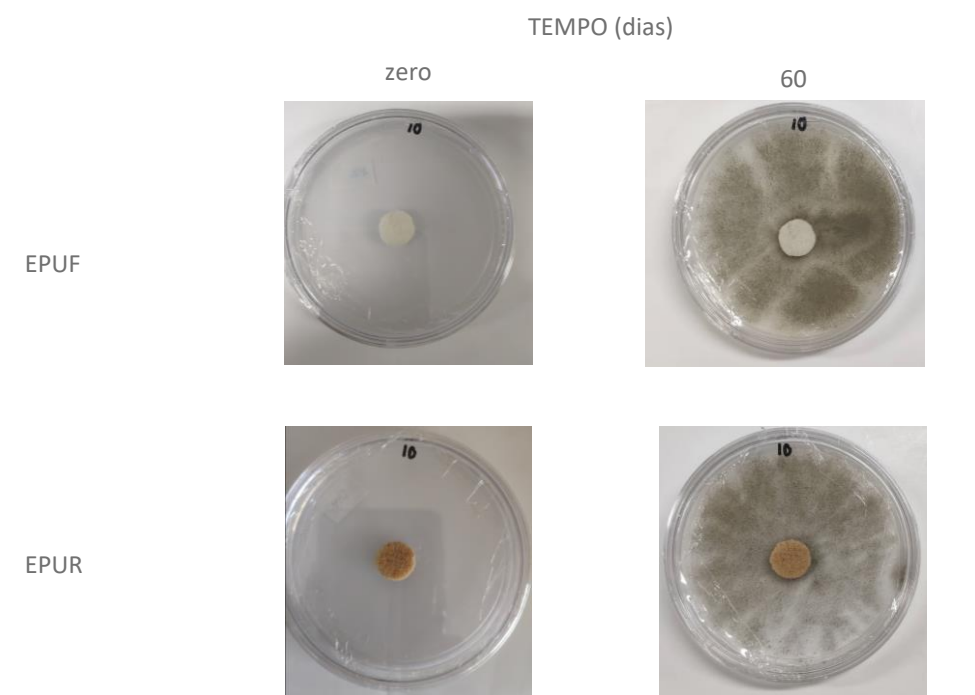
Após o período de incubação as amostras foram lavadas e secas em estufa a 25,0°C até massa constante, seguida da caracterização por gravimetria e

morfologia utilizando a microscopia óptica. O ensaio foi realizado em triplicata utilizando um controle negativo contendo somente o meio de cultura e o PU.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o período de incubação de 60 dias verificou-se o crescimento do micélio fúngico, inclusive sobre as amostras de PU, sendo mais pronunciado nas espumas de poliuretano flexível (EPUF). A Figura 2 apresenta as espumas flexíveis e rígidas nos tempos zero (inicial) e 60 dias de incubação.

Figura 2 – Imagem visual das placas de Petri contendo as espumas de PU no tempo inicial (zero) e 60 dias de incubação



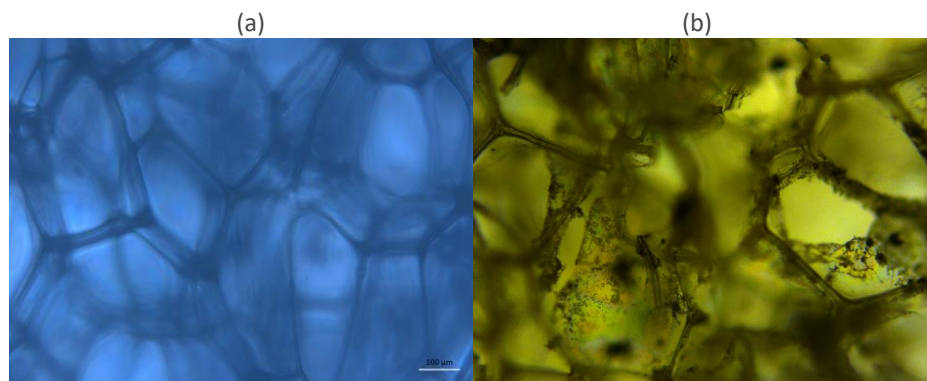
Fonte: Autoria própria (2019).

Pelas imagens de microscopia óptica observaram-se estruturas bem definidas das chamadas células das espumas, ou seja, da porosidade ou cavidade. Sendo que, na EPUR as cavidades apresentam angulação mais suavizadas em comparação às EPUF com perfil de angulação mais retilínea. Estas características são comuns nas EPU pois apresentam propriedade física diferente, como por exemplo, a resistência a compressão (Figuras 3 (a) e 4 (a)).

Na presença do *Penicillium sp.* foi verificado alteração na morfologia superficial das espumas indicando uma degradação física do material devido a presença do fungo. Nas Figuras 3 e 4, são mostradas as micrografias das EPUR e EPUF inoculados com o microrganismo após 60 dias. A presença das irregularidades nas cavidades é visualizada nas amostras, principalmente na EPUR com a fragmentação das paredes promovendo a deformação das estruturas tridimensionais das espumas. Ainda, foi observado o crescimento das hifas

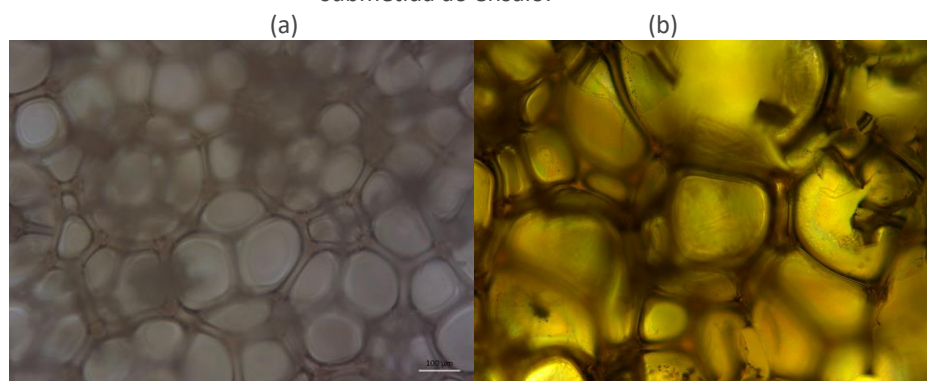
fúngicas bem definidas do microrganismo, colonizando além da superfície das espumas, mas também dentro das cavidades e as maiores concentrações de hifas foram nas regiões em que houve contato direto com o disco de micélio.

Figura 3 – Micrografia EPUF após 60 dias de incubação. Aumento de 10X (a) controle; (b) submetida ao ensaio.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 4 – Micrografia EPUR após 60 dias de incubação. Aumento de 10X (a) controle; (b) submetida ao ensaio.

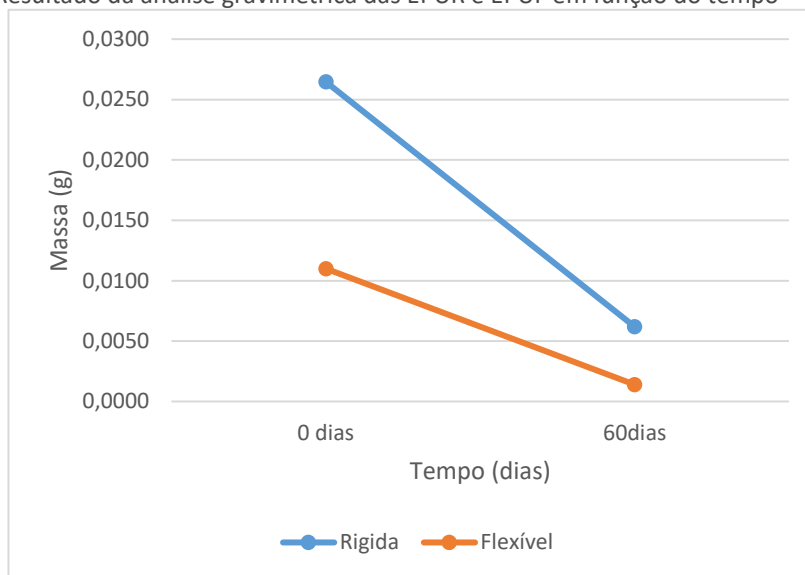


Fonte: Autoria própria (2019).

A variação de massa das amostras de espuma foi observada nos dois tipos de espuma (Figura 5). A perda de massa das EPU ocorreu na presença do fungo indicando a degradação física do material. Sabe-se que, a integridade física dos materiais poliméricos podem ser afetados na presença de fungos, pois estes podem utilizar como fonte de carbono em rotas metabólicas, contudo, as cadeias do polímero devem ser quebradas em estruturas menores, de oligômeros até trímeros ou dímeros, para que possam ser metabolizadas pelo microrganismo.

De modo geral, a degradação física das EPUR e EPUF ocorreram e foram verificadas pelas imagens de microscopia e corroboradas pela perda de massa, devido a presença do *Penicillium spp.*

Figura 5 – Resultado da análise gravimétrica das EPUR e EPUF em função do tempo



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

A avaliação da degradação biológica das espumas de poliuretano rígida e flexível de origem vegetal foi realizada em meio sólido utilizando o fungo *Penicillium spp.* Pode-se afirmar que a EPUR e EPUF apresentaram características biodegradáveis, nas condições do ensaio, sendo que não ocorreu a inibição do crescimento do fungo na presença das EPU. Pelas micrografias das amostras após 60 dias de incubação demonstraram o ataque do microrganismo na superfície dos materiais, deformando as cavidades das espumas. Por fim, os resultados deste trabalho possibilitam novas estratégias para a destinação de resíduos de EPU pós uso.

REFERÊNCIAS

BAKER, Peter James et al. Identification and comparison of cutinases for synthetic polyester degradation. **Appl Microbiol Biotechnol**, New York, v.93, p. 229-240, Jun. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21713515>. Acesso em: 12 Ago. 2019.

BENNETT, Simon J.; PEARSON, Peter J. g. From petrochemical complexes to biorefineries? The past and prospective co-evolution of liquid fuels and chemicals production in the UK. **Chemical Engineering Research And Design**, v. 87, n. 9, p. 1120-1139, set. 2009. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2009.02.008>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876209001476>. Acesso em: 12 Ago. 2019.

MOONEY, Brian p.. The second green revolution? Production of plant-based biodegradable plastics. **Biochemical Journal**, v. 418, n.2, p.219-232, 1 mar. 2009. Portland Press Ltd. <http://dx.doi.org/10.1042/bj20081769>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19196243>. Acesso em: 12 Ago. 2019.