

Biodegradação de espumas de poliuretano a partir do *Aspergillus spp.* nativo do processo de compostagem

Biodegradation of polyurethane foams through *Aspergillus spp.* native of the composting process

João Pedro Maximino Gongora

Godoi

godoi_joao@hotmail.com

Univesidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

Milena Sayuri Piovani

milenapsayuri@hotmail.com

Univesidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

Danielle Cristina da Silva

daniellesilva@utfpr.edu.br

Univesidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

Reinaldo Yoshio Morita

rmorita@utfpr.edu.br

Univesidade Tecnológica Federal
do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná,
Brasil

RESUMO

Com o passar dos anos, a quantidade de materiais descartados inadequadamente no meio ambiente gerou um grave problema ambiental. A criação de polímeros biodegradáveis, que possuem uma rápida degradação quando em contato com natureza foi uma alternativa para minimizar tal fato. O presente trabalho avaliou biodegradação de espumas de poliuretano através do gênero *Aspergillus* nativo do processo de compostagem. O fungo foi inoculado nas espumas de poliuretano do tipo rígida, semi-flexível, flexível de origem vegetal e rígida de origem petroquímica. Foi possível observar a adsorção do fungo no polímero e observar indícios de biodegradação. Deste modo, é possível concluir que o *Aspergillus spp.* está secretando enzimas para degradar o polímero, logo os resultados obtidos são promissores para degradação biológica do poliuretano, possibilitando rotas socioambientais para descarte adequado deste polímero.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação biológica. *Aspergillus spp.* Poliuretano.

ABSTRACT

Over the years, the amount of materials improperly disposed of in the environment has generated a serious environmental problem. In view of this, the creation of biodegradable polymers, which have a rapid degradation when in contact with nature, it was an alternative to minimize this fact. The present work evaluated the biodegradation of polyurethane foams through the genus *Aspergillus* native to the composting process. The fungus was inoculated in polyurethane foams of rigid, semi-flexible, flexible type of vegetal and rigid origin of petrochemical origin. It was possible to observe the adsorption of the fungus on the polymer surfaces and to observe indications of biodegradation. In this way, it can be concluded that *Aspergillus spp.* is secreting enzymes to degrade the polymer, so the results obtained are promising for biological degradation of the polyurethane, allowing social and environmental routes for proper disposal of this polymer.

KEYWORDS: Biological degradation. *Aspergillus spp.* Polyurethane.

INTRODUÇÃO

A crescente conscientização acerca dos números alarmantes de resíduos, fez com que surgisse diante desta problemática, pesquisas para o desenvolvimento de processos industriais que causem menor impacto ambiental, deste modo preservando recursos naturais e do meio ambiente. A biocatálise por sua vez,

Recebido: 31 de ago 2018.

Aprovado: 04 de out 2018.

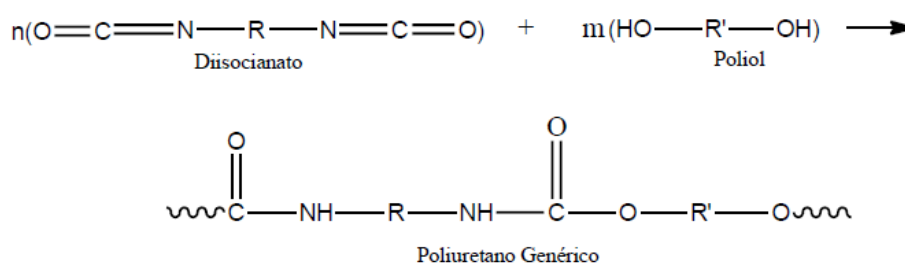
Direito autoral:

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



“vem se destacando com umas das áreas da biotecnologia, na qual enzimas são utilizadas com uma alternativa a química orgânica tradicional, pois ocorrem em condições brandas de pH e temperatura” (RIBEIRO, 2011). Neste cenário, não seria diferente com o poliuretano sintetizado pela primeira vez por Otto Bayer (Figura 1) que consiste na polimerização de um isocianato com poliol (BAYER, 1937). Devido a sua baixa degradação, quando descartado incorretamente na natureza e principalmente, o uso de fontes não renováveis no processo produtivo, o poliuretano (PU) de origem petroquímico provoca grande impacto ambiental. Diante de várias alternativas para minimizar tal questão, uma delas é a utilização de polímeros biodegradáveis, isto é, PU a base de poliol de origem vegetal. As espumas a base de poliol vegetal tem se tornado uma alternativa ao de origem petroquímico, pois são mais susceptíveis ao ataque de microrganismos. Em vista disso, o presente trabalho avaliou a degradação biológica das espumas de poliuretano (EPU) de origem petroquímica e vegetal através do *Aspergillus spp.* isolado de um polímero já degradado.

Figura 1 – Representação esquemática das estruturas químicas e da reação para a formação do poliuretano (PU).

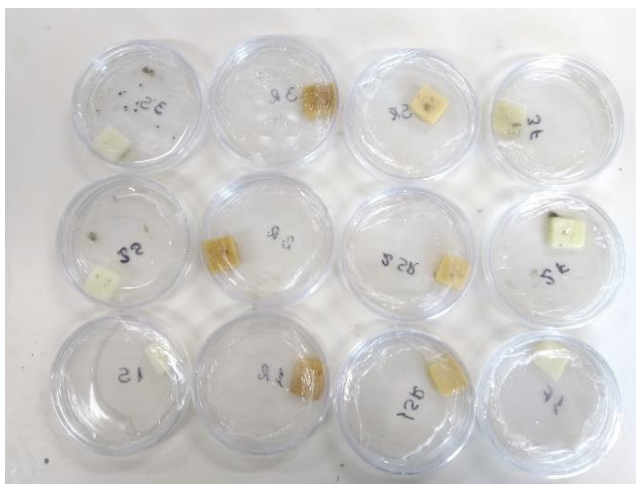


Fonte: Autoria própria (2018).

MÉTODOS

O fungo *Aspergillus spp.* foi isolado de um polímero biodegradável submetido ao processo de biodegradação em solo simulado e foi inoculado nas EPU a base de poliol de origem vegetal rígido, semi-flexível e flexível fornecidas pela empresa Kehl e na EPU a base de poliol petroquímico, sintetizada em laboratório. As amostras de espumas de 2,0 x 2,0 cm e 0,3 cm de espessura (Figura 2) foram mantidas em placa de Petri contendo água estéril e o fungo na estufa a 27°C.

Figura 2 – Foto das placas de Petri contendo os corpos de prova das EPU's na presença do *Aspergillus spp.*

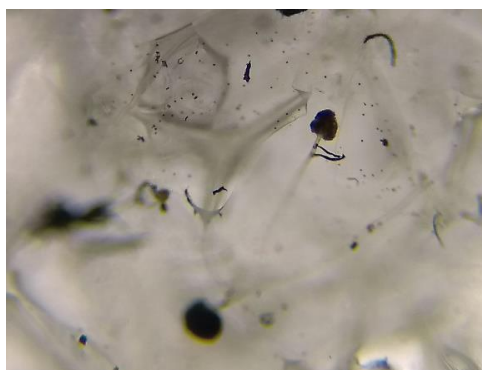


Fonte: Autoria própria (2018).

RESULTADO E DISCUSSÃO

As amostras foram caracterizadas em 60 dias por microscopia óptica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foi possível observar que as espumas a base de poliálcool petroquímico, não ocorreu a adsorção do fungo na superfície polimérica, entretanto houve colonização do fungo na parte interna do polímero (Figura 3). Nas espumas com poliálcool de origem vegetal ocorreu maior adsorção do fungo na superfície, além de, apresentarem indícios de degradação pela presença de falhas, orifícios e abertura das células das espumas, indicada com setas brancas (Figura 4).

Figura 3 – Micrografia óptica *Aspergillus spp.* colonizando o poliuretano rígido petroquímico

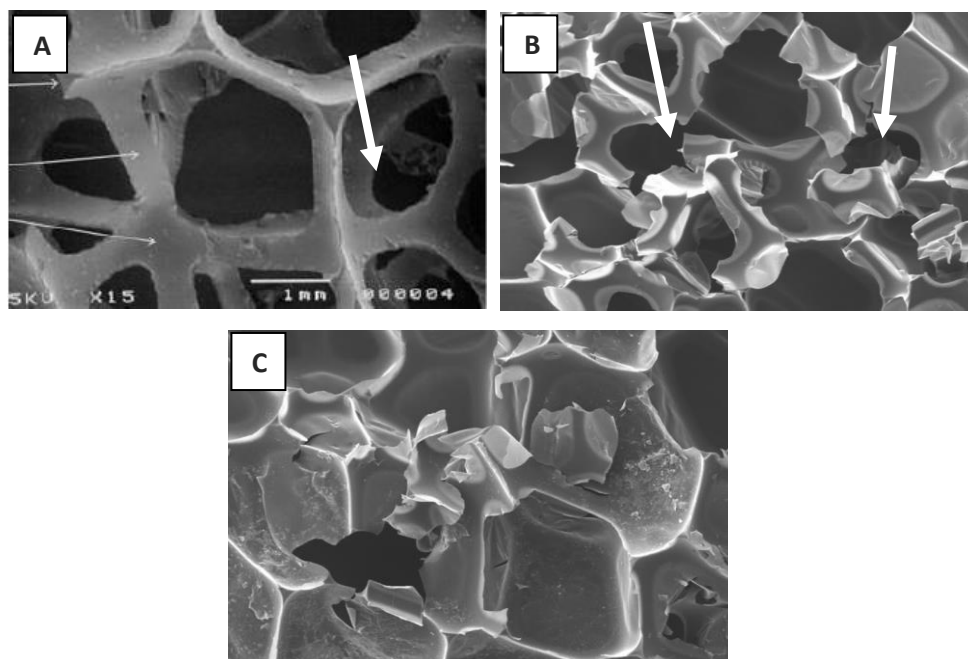


Fonte: Autoria própria (2018).

Apesar de serem normalmente insolúveis em água e possuírem elevada persistência no meio ambiente, poliuretanos podem sofrer hidrólise catalisada

por certas enzimas” (AKUTSU et al., 1998; PENGET al., 2014). Uma vez identificado pelo mecanismo de sinalização do microrganismo que a macromolécula encontra-se próxima e que está na forma que não pode ser assimilada, enzimas específicas são produzidas e excretadas pelo meio, com o intuito de disponibilizar monômeros como fonte de carbono.

Figura 4 – Imagens de MEV: (a) poliuretano virgem; (b) e (c) poliuretano degradado (indicado pelas setas brancas).



Fonte: (a) VERONESE (2009); (b) e (c) Autoria própria (2018)

As principais enzimas associadas ao processo de hidrólise de PU (etapa inicial importante para que ocorra o processo de biodegradação do polímero) pode-se citar: esterases (catalisam a hidrólise das ligações éster); proteases (catalisam a hidrólise das ligações amina); e ureases (catalisam a hidrólise de grupos funcionais uréia). Dentre as enzimas específicas reportadas na literatura para a hidrólise de PU, são encontrados artigos citando o uso de: quimiotripsina, papaína, colesterol esterase, lipase e PHA depolimerase (LOREDO et al., 2012; BRENDA, 2014).

CONCLUSÃO

Pela alteração física das espumas, é um grande indicativo de liberação de enzimas pelo *Aspergillus spp.* na degradação das EPU em estruturas de massa molar menor, afim de assimilar como fonte de carbono. Portanto, os resultados obtidos são promissores para degradação biológica do poliuretano, possibilitando rotas socioambientais adequadas para o descarte deste polímero.



REFERÊNCIAS

- AKUTSU, Y.; KAMBE, T. N.; NOMURA, N.; NAKAHARA, T.; *Appl. Environ. Microbiol.* **1998**, 64, 62.
- BAYER, O. Patent 728981, Deutsches Patentamt, 1937.
- BRENDA.<<http://www.brenda-enzymes.org/index.php4>>, acessado em 20 de agosto de 2018.
- LOREDO- TREVINO, A.; Sánchez, G. G.; Herrera, R. R.; Aguilar, C. N.; *J. Polym. Environ.* **2012**, 20, 258.
- PENG, Y.-H.; SHIH, Y.-H.; LAI, Y.-C.; LIU, Y.-Z.; LIU, Y.-T.; LIN, N.-C.; *Environ. Sci. Pollut. Res.*, doi 10.1007/s11356-014-2647-8, no prelo.
- RIBEIRO, B. D.; CASTRO, A. M.; COELHO, M. A. Z.; FREIRE, D. M. G.; *Enzyme Res.* (2011) doi: 10.4061/2011/615803
- VERONESE, V. B. Relação estrutura propriedade de espumas rígidas de poliuretano à base de óleos vegetais. Porto Alegre, 121 p., 2009. Tese (doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

À UTFPR campus Dois Vizinhos, CNPq. Ao laboratório de solos da UTFPR câmpus Dois Vizinhos, em especial ao Prof. Dr. Carlos Alberto Casali e Prof. Dr. Cleverson Busso.