



*Desafios de uma sociedade
digital nos Sistemas Produtivos e
na Educação*



DESINTEGRAÇÃO E ECOTOXICIDADE DE BIOPLÁSTICOS EM ESTRUTURAS LAMINADAS COM POTENCIAL APLICAÇÃO EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Giselen Cristina Pascotto Wittmann¹, Silvia Pierre Irazusta^{1*}, Maira de Lourdes. Rezende Komatsu², Giovanna Moura Silva², Cristine Vicessa Xavier Fogaça²

¹Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, CEETEPS, ²Faculdade de Tecnologia de Sorocaba

Resumo - Polímeros sintéticos possuem aplicações variadas, como na conservação de alimentos processados, aumentando sua vida útil. Porém, sua alta durabilidade faz com que permaneçam mais tempo na natureza, modificando a qualidade de sistemas naturais. A preocupação com os esses resíduos levou a busca pelos bioplásticos compostáveis que têm potencial de uso em produtos ciclo de vida curto. Este trabalho estudou o comportamento da desintegração sob condições de compostagem controlada de duas estruturas laminadas com filmes de NatureFlex™ transparente e NatureFlex™ metalizado, com PBS (A1) ou com blenda de PBAT/ PHBH (A2). A desintegração baseou-se na norma DIN EN 14045:2003 e fitotoxicidade dos produtos da desintegração empregou o bioensaio com *Lactuca sativa*. Ambas as laminações apresentaram mais de 80% de degradação. Os produtos de decomposição não apresentaram fitotoxicidade e até onde se pôde acompanhar a literatura o presente trabalho é inédito no estudo do comportamento do Natureflex™, bem como da blenda PBAT/PHBH em estruturas laminadas.

Palavras-chave: Natureflex™, compostagem, fitotoxicidade

Abstract - Synthetic polymers have varied applications, such as preserving processed foods, increasing their shelf life. However, their high durability makes them stay longer in nature, changing the quality of natural systems. The concern with these residues led to the search for compostable bioplastics that have potential for use in products with a short life cycle. This work studied the disintegration behavior under conditions of controlled composting of two structures laminated with films of transparent NatureFlex™ and metallic NatureFlex™, with PBS (A1) or with PBAT / PHBH (A2) blend. The disintegration was based on DIN EN 14045: 2003 and phytotoxicity of the disintegration products used the bioassay with *Lactuca sativa*. Both laminations showed more than 80% degradation. Decomposition products did not presented fitotoxicity and as far as we could follow the literature, this work is unprecedented in the study of the behavior of Natureflex™, as well as the PBAT / PHBH blend in laminated structures.

Keywords: Natureflex™, composting, phytotoxicity

1. Introdução

A embalagem desempenha um papel fundamental na indústria alimentícia apresentando diversas funções, uma vez que além de acondicionar e proteger o produto desde o envase até o consumo, ela facilita o manuseio, o transporte e exerce influência na sua venda. Ela protege o alimento contra fatores responsáveis pela deterioração química, física e microbiológica e, dessa forma, aumenta a vida útil do produto (JORGE, 2013). Portanto, pode-se afirmar que a embalagem é um item indispensável na comercialização de alimentos processados.

Em 2018, as embalagens flexíveis corresponderam a 38,7% destas embalagens em unidades, seguidas por embalagens de plástico rígido, com 29,5%, metálicas, com 13%, cartonada asséptica, com 8%, papel e papel cartão, com 5,8% e vidro, com 5% (ABRE, 2019). Embalagens flexíveis incluem sacos, invólucros, sacolas, sachês e envoltórios feitos de materiais facilmente moldáveis, como filme, folha de alumínio ou de papel que, quando cheias e seladas, adquirem forma definida (EBNESAJJAD, 2013). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis (ABIEF, 2020), a produção de embalagens plásticas flexíveis atingiu 480 mil toneladas no segundo trimestre de 2020. Entre os materiais mais utilizados, destacam-se o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o polietileno de baixa densidade linear (PEBDL) com uma participação de 72%, seguidos de polipropileno (PP), com 16% e de polietileno de alta densidade (PEAD), com 12%.

De acordo com os dados apresentados, os materiais plásticos são os mais utilizados na produção de embalagens flexíveis. Porém, esses materiais em estruturas monocamadas não conferem a barreira necessária para proteger determinados tipos de produtos. A introdução de novos polímeros, o desenvolvimento de novas tecnologias de equipamentos de processamento e o surgimento de novas aplicações de embalagens têm contribuído para o crescimento de estruturas coextrusadas e laminadas. As embalagens flexíveis multicamadas apresentam atributos positivos, como aumento da vida útil dos alimentos, redução de custos de transporte e melhores propriedades de proteção do produto. No entanto, o gerenciamento de seus resíduos é problemático, pois elas não podem ser reutilizadas (PONGPIMOL *et al.*, 2020).

A utilização de filmes biodegradáveis pode ser uma alternativa com menor impacto ambiental. Há, portanto, a necessidade de estudos que validem o desenvolvimento de bioplásticos para embalagens de alimentos respeitando as exigências do produto, ao mesmo tempo sendo ambientalmente amigáveis. Entre os bioplásticos com potencial econômico para uso em embalagens, destacam-se os bioplásticos produzidos a partir da celulose (PATANÈ *et al.*, 2019). Neste estudo foram analisadas as características de compostagem

destes filmes construídos com NatureFlex™ da empresa Futamura, visando seu potencial aplicação em embalagens de produtos alimentícios.

NatureFlex™ é uma linha de filmes de embalagem especiais desenvolvidos pela Futamura para oferecer opções de materiais de embalagem que fornecem forte suporte ambiental para a crescente demanda do consumidor por embalagens mais ambientalmente responsáveis. Esses biofilmes são fortemente baseados em recursos renováveis, obtidos a partir de madeira de florestas plantadas e são certificados pelas normas europeia, EN13432 e americana, ASTM D6400, para embalagens compostáveis. Além disso, foi certificado pela TÜV Áustria para o padrão *OK Compost Home* para compostagem doméstica e alguns tipos foram comprovados para biodegradação em um ambiente de águas residuais. Outros testes comprovaram que a maioria dos biofilmes NatureFlex™ também são adequados para digestão anaeróbica (FUTAMURA, 2020).

Este trabalho fez parte de um projeto mais amplo para desenvolvimento de uma nova embalagem laminada constituída por filmes de bioplásticos. A empresa Oeko Biopolímeros, em parceria com a empresa Plascon, produziu os filmes de PBS e de PBAT/PHBH, os quais foram, posteriormente, utilizados pela empresa Peeqflex para produzir as amostras laminadas utilizando os filmes NatureFlex™ transparente e NatureFlex™ metalizado, finalizando com o adesivo Eptal® fornecido pela BASF. O objetivo da pesquisa foi analisar o processo da desintegração de estruturas laminadas com filmes de NatureFlex™ transparente, NatureFlex™ metalizado, PBS, blenda de PBAT e PHBH, em condições de compostagem e avaliar a potencial fitotoxicidade dos produtos da desintegração, em modelos de plantas padronizados.

2. Referencial Teórico

Embalagem e meio ambiente

A questão do impacto ambiental das embalagens tem sido debatida pela sociedade, tendo como um dos fatores que impulsionam este debate, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que propõe a redução na geração de resíduos, o consumo sustentável, o aumento da reciclagem, além de instituir a responsabilidade compartilhada entre os geradores de resíduos, dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na logística reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo (BRASIL, 2019). Em um contexto econômico como o proposto pela economia circular, a preocupação com os impactos ambientais das embalagens se torna ainda mais relevante.

Embalagem e economia circular

A economia circular é uma teoria econômica que parte do pressuposto que reutilizar ou reciclar recursos é mais vantajoso economicamente do que

extrair matérias primas virgens. Enquanto o ciclo de vida de um produto na economia linear segue as etapas de extração de recursos naturais, produção, uso e disposição final, a economia circular prevê a reincorporação do produto pós-uso no ciclo de vida de maneira contínua (CETEA/ITAL, 2016). Neste novo paradigma o reaproveitamento do produto está no centro das preocupações econômicas, de modo a se tornar menos dependente da extração de recursos naturais. No cenário da economia circular, a embalagem pode contribuir de algumas formas, como por exemplo, utilizando matéria-prima de fonte renovável como os bioplásticos ou materiais que possam se integrar no fim da vida útil ao meio ambiente com o mínimo de impacto ambiental, como os materiais biodegradáveis, além de utilizar matérias com alto potencial de reciclagem (CETEA/ITAL, 2016).

As embalagens produzidas com materiais de fonte renovável ou biodegradável são uma forma de se integrarem na economia circular, ao reduzir o acúmulo de resíduos plásticos nos oceanos, já que há uma preocupação crescente com o fenômeno dos microplásticos nos oceanos, que são ingeridos por peixes e crustáceos podendo afetar a saúde dos ecossistemas aquáticos. (KARAN *et al.*, 2019). Dentro deste cenário, os plásticos biodegradáveis são ambientalmente melhores para o uso em embalagens por se desintegrarem ao final da sua vida útil em poucos meses se reintegrando a natureza, diminuindo o acúmulo de resíduos de embalagens nas matrizes ambientais (KARAN *et al.*, 2019).

Biodegradação ou degradação biótica, de acordo com Briassoulis e Dejean (2010) é a desintegração química dos materiais pela ação enzimática de microrganismos como bactérias, fungos e algas (JABEEN; MAJID; NAYIK, 2015). Este processo decompõe os materiais em dióxido de carbono, metano, água, compostos inorgânicos ou biomassa (ASTM D6400; FECHINE, 2013; KARAN *et al.*, 2019). De acordo com a ABNT NBR 15448-2, os fatores para avaliação da compostagem satisfatória de uma embalagem plástica são a biodegradação aeróbia, desintegração – considerando o impacto durante o processo – e qualidade do composto orgânico resultante. Entretanto, o material também pode ser degradado pelo processo de hidrólise química. Portanto, plástico biodegradável é um plástico de origem fóssil ou renovável que está sujeito ao processo de biodegradação, de modo que a biodegradabilidade do plástico depende da sua composição química, estrutura do material e do ambiente onde será submetido ao processo de biodegradação. O tempo de degradação pode variar de semanas a meses, mesmo submetidos às mesmas condições ambientais. Os plásticos podem classificados em compostáveis precisam ser submetidos ao processo de compostagem, que envolve um ambiente controlado com a biomassa e temperatura apropriadas, ou degradáveis no solo, neste caso o processo de degradação se inicia pelo contato com o solo sem precisar de um ambiente controlado (BRIASSOULIS; DEJEAN, 2010).

Bioplásticos

Os bioplásticos compõem uma família de materiais com diferentes propriedades e aplicações. De acordo com a European Bioplastics (2020), um material é definido como bioplástico se for de fonte renovável, biodegradável ou apresentar ambas as propriedades. De acordo com a European Bioplastics (2020), os bioplásticos estão divididos em três grupos: plásticos de fonte renovável ou parcialmente renovável, não biodegradáveis, tais como polietileno (PE), PP, poliamida (PA) e poli (tereftalato de etileno) (PET) e polímeros de desempenho técnico, como tereftalato de poli (trimetileno tereftalato) (PTT); plásticos que são de fonte renovável e biodegradáveis, tais como poli (ácido láctico) (PLA), poli (hidroxialcanoato) (PHA) ou poli (butileno succinato) (PBS) e plásticos que são de fonte fóssil e biodegradáveis, tais como poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT) e poli (caprolactona) (PCL).

Quanto à desintegração e impacto no processo de compostagem, depois de um período máximo de doze semanas, a embalagem deve ter, no máximo, 10% de sua massa seca original retida em uma peneira de malha de 2 mm. A compostagem é um processo bioquímico de decomposição aeróbia da matéria orgânica que ocorre por ação de agentes biológicos microbianos na presença de oxigênio (IPT/CEMPRE, 1995). A compostagem aeróbia consiste no consumo de oxigênio e liberação de água e dióxido de carbono no ambiente pelo material quando misturado ao biocomposto (RUGGERO; GORI; LUBELLO, 2019).

Quanto ao impacto no processo de compostagem, a biomassa vegetal e a germinação de plantas devem apresentar mais de 90% do crescimento das mesmas espécies vegetais em relação ao composto de referência. Além disso, para que seja denominada como compostável, a embalagem não pode possuir nenhum item que apresente impacto negativo no processo. Por fim, a qualidade do composto orgânico resultante deve atender aos regulamentos nacionais pertinentes para fins de uso no solo (ABNT, 2008).

Ecotoxicologia

A ecotoxicologia é o estudo dos efeitos de substâncias tóxicas no meio ambiente, resultado da atividade humana, este termo foi apresentado pela primeira vez em junho de 1969, durante uma reunião do “Committee of the International Council of Scientific Unions (ICSU)”, em Estocolmo, pelo toxicologista francês René Truhaut (SALOMÃO; PINHEIRO, 2018).

A ecotoxicologia é uma área especializada da toxicologia ambiental que centra seus estudos nos efeitos ocasionados por agentes químicos e físicos sobre a dinâmica de populações e comunidades integrantes de ecossistemas definidos. As informações obtidas por meio dessa cadeia são essenciais para determinar os níveis de contaminantes no ambiente e seus destinos; estimar o grau de periculosidade dos contaminantes e seus metabólitos para os organismos vivos; indicar níveis máximos permitidos de contaminantes; diagnosticar e prognosticar o efeito dos contaminantes no ambiente e o efeito

das medidas tomadas; controlar a emissão de efluentes e avaliar os riscos ecológicos (COSTA et al, 2008).

A ecotoxicidade de materiais poliméricos se refere ao potencial toxicológico dos resíduos, chorume e gases voláteis produzidos durante sua biodegradação no ambiente. O principal objetivo da avaliação ecotoxicológica de polímeros compostáveis é garantir que não sejam liberadas substâncias nocivas ao meio ambiente, durante e após a degradação (RUDNIK, 2008).

3. Método

Amostras

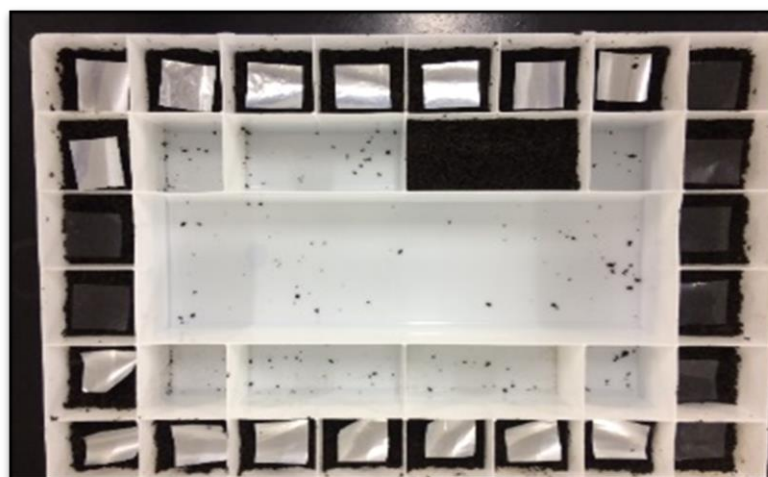
As amostras laminadas foram preparadas em laboratório utilizando um extensor espiral de 10 µm para aplicação das camadas de primer, tinta e adesivo. As duas amostras possuem as mesmas composições nas camadas externas e intermediária, diferenciando apenas a camada interna. São compostas de NatureFlex™ 25NK Matt, NatureFlex™ 20 NKME metalizado, laminadas com PBS (A1) e blenda de PBAT/PHBH (A2).

Ensaio de desintegração

O ensaio de desintegração dos materiais estudados neste trabalho foi realizado em conformidade com a norma DIN EN 14045:2003.

Foram cortadas três amostras de cada material – NatureFlex™ 25NK Matt, NatureFlex™ 20NKME, PBS e blenda PBAT/PHBH – e das amostras laminadas - A1 e A2 - no formato 3,5 cm x 3,8 cm. As amostras foram pesadas enterradas em bandeja contendo o bioresíduo (Figura 1). O período de incubação foi de doze semanas. A cada quatro semanas, uma série de cada material foi retirada, lavada, seca em temperatura ambiente, pesada e caracterizada.

Figura 1 – Bandeja de compostagem



Fonte: autores

O processo de desintegração foi realizado por meio da retirada das amostras e registro fotográfico após períodos estabelecidos de quatro, oito e doze semanas. A taxa de desintegração foi determinada pela perda de massa em função do tempo de desintegração de acordo com a Equação 1 (SÁNCHEZ-SAFONT *et al.*, 2018).

$$D(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

D = taxa de desintegração
mi = massa inicial da amostra (g)
mf = massa final da amostra (g)

*Bioensaio com o organismo *Lactuca sativa* (alface)*

As amostras do bioresíduo resultantes da degradação foram solubilizadas, seguindo a proporção de 200 g de massa – base seca – de bioresíduo para 800 mL de água, com base na ABNT NBR 10006:2004. O bioensaio com o organismo teste *L. sativa* foi realizado com a variedade Grand rapids da marca Isla, de acordo com Sobrero e Ronco (2004).

4. Resultados e Discussão

Análise visual e taxa de desintegração







O aspecto visual das amostras após 12 semanas foi analisado e fotografado para as comparações. A Figura 2 apresenta os registros fotográficos das amostras antes e depois do ensaio de desintegração.

Estudo recente demonstrou que o Natureflex™ se mostrou adequado para embalagem de hortaliças, mantendo a qualidade de compostos bioativos pós-colheita (MASHABELAAB *et al.*, 2019).

Nossos resultados da taxa de desintegração dos componentes individuais e das amostras A1 e A2 estão apresentados no Gráfico 1. Dentre os polímeros estudados, a blenda PBAT/ PHBH foi o material que apresentou menor taxa de desintegração, correspondendo a 50,6% de perda de massa. O PBS apresentou 94% de perda de massa e, assim, foi o polímero que teve maior taxa de desintegração. Os materiais 25NK e 20NK apresentaram taxas de desintegração próximas ao PBS, conforme observado nas imagens das amostras após doze semanas de desintegração (Figura 2). Porém, as amostras 25NK e 20NK após 4 e 8 semanas e PBS após 8 semanas, se desintegraram quase totalmente, de modo que os fragmentos resultantes da análise se perderam no processo de lavagem, por isso não foi possível a medição da taxa de desintegração destas amostras. Pelo mesmo motivo, as amostras 25NK e 20NK retiradas após 12 semanas do ensaio de desintegração também não foram medidas, pois continham resquícios do bioresíduo. Não houve diferenças significativas para a

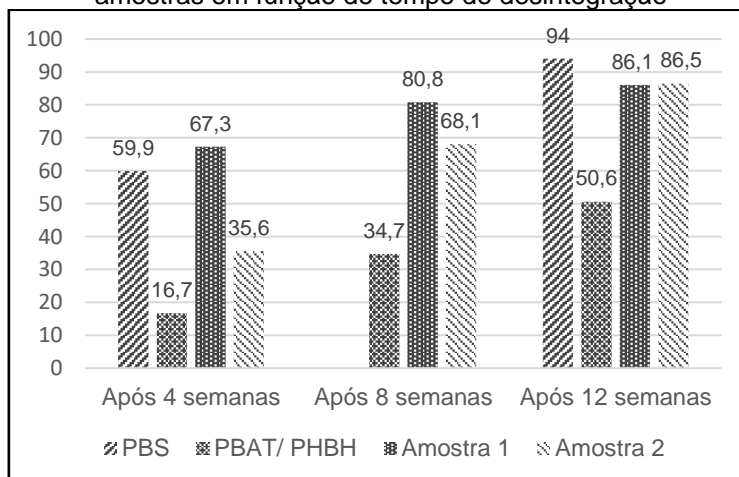
perda de massa entre as amostras laminadas, sendo que A1, apresentou 86,1% de taxa de desintegração e A2, 86,5% (Gráfico 1). A taxa de desintegração das amostras se aproximou daquela considerada satisfatória. Segundo a ABNT NBR 15448-2, após 12 semanas no processo de compostagem, não mais de 10% da massa seca original da embalagem deve ficar retida em uma peneira de malha de 2 mm (ABNT, 2008).

Figura 2. – Imagens das amostras antes e depois do ensaio de desintegração

Amostra	Antes	4 semanas	8 semanas	12 semanas
25NK				
20NK				
PBS				
PBAT/ PHBH				
A1				
A2				

Fonte: autores

Gráfico 1 - Taxa de desintegração, em porcentagem, das amostras em função do tempo de desintegração



Fonte: autores

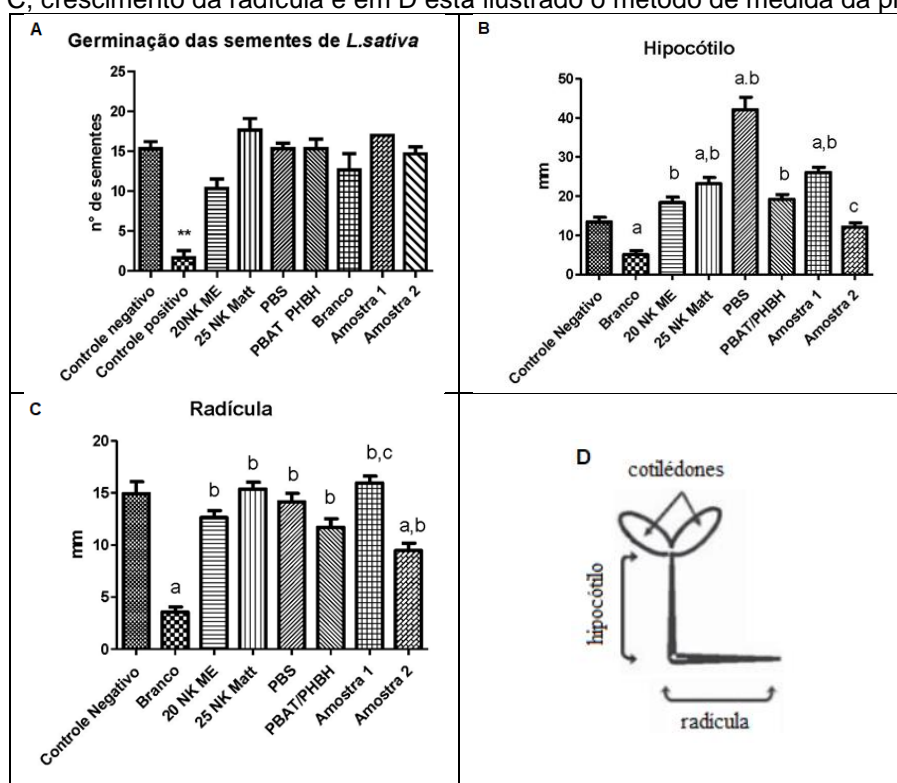
Bioensaio com o organismo *Lactuca sativa* (alface)

Os resultados dos testes ecotoxicológicos mostraram os concentrados derivados do bioresíduo após decomposição, tanto das amostras como dos

componentes individuais, não inibiram a germinação (Figura 3A), entretanto, apesar de não haver inibição da germinação, as amostras 25NK, PBS e A1, tiveram efeito favorável no crescimento do hipocótilo (“b”, Figura 3 B). ($p < 0,05$).

Para a radícula, a A2, teve efeito negativo sobre o seu crescimento (“a”, $p < 0,05$), enquanto a A1 favoreceu o crescimento das radículas (Figura 3C.c). O mesmo fenômeno foi observado para o crescimento do hipocótilo (Figura 3 Bb). Este efeito também foi observado para o hipocótilo, indicando que o efeito negativo de A2 pode ser atribuído a blenda PBAT/ PHBH.

Figura 3 – Comparação dos efeitos das amostras e de seus componentes individuais sobre a germinação e desenvolvimento da planta. Em A, germinação, em B, crescimento do hipocótilo, em C, crescimento da radícula e em D está ilustrado o método de medida da planta.



** $p < 0,05$; a, estatisticamente diferente do controle;

Fonte: autores

5. Considerações finais

Em conjunto nossos resultados permitiram mostrar que as laminações de Natureflex™, conforme proposto pela empresa, apresentaram boa taxa de desintegração, pelo menos em solo de compostagem, podendo representar vantagem comercial para o setor de embalagens alimentícias (taxa de desintegração maior que 80% para ambas as preparações). Seus produtos de degradação no solo não apresentaram fitotoxicidade.

O produto deste trabalho vem de encontro à crescente demanda do mercado de embalagens, aliando boas características de conservação de alimentos com propriedades ambientalmente amigáveis.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6400**: Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS (ABIEF). **Flex tendência**: o momento ainda pede cautela apesar do setor manter um desempenho estável. Por Liliam Benzi. Disponível em: <http://www.abief.org.br/noticia/45>. Acesso em: 06 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE). **Estudo ABRE macroeconômico e de tendências 2018**. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/ano2018/>. Acesso em: 09 de setembro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-2**: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Consumo sustentável**. Brasília, DF. Disponível em <https://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos> Acesso em: 11 set. 2019.

BRIASSOULIS, D.; DEJEAN, C. **Critical Review of Norms and Standards for Biodegradable Agricultural Plastics Part I. Biodegradation in Soil**. Journal of Polymers and The Environment, [s.l.], v. 18, n. 3, p.384-400, 17 abr. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-010-0168-1>.

CETEA/ITAL (São Paulo). **Embalagem e sustentabilidade**: Desafios e orientações no contexto da economia circular. São Paulo: Cetesb, 2016. 39 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 08 set. 2019.

COSTA, C. R., OLIVI, P., BOTTA, C. M. R., ESPINDOLA, L. G. **Toxicidade em ambientes aquáticos**: Discussão e métodos de avaliação. Química Nova, vol.31, no. 7, 1820-1830. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000700038. Acesso em: 28 Nov. 2019.

EBNESAJJAD, S. (United States) (Ed.). **Plastic films in food packaging**: Materials, technology, and applications. Waltham: Elsevier, 2013. 398 p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781455731121000016?via%3Dihub>. Acesso em: 25 abr. 2019.

EUROPEAN BIOPLASTICS. **What are bioplastics?** 2020. Disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>. Acesso em: 23 jun. 2020.

EUROPEAN STANDARD. **DIN EN 14045**: Evaluation of the disintegration of packaging materials in practical oriented tests under defined composting conditions. Berlin: Din Deutsches Institut For Normung, 2003. 14 p.

FECHINE, G. J. M. **Polímeros biodegradáveis: tipos, mecanismos, normas e mercado mundial**. São Paulo: Scielo - Editora Mackenzie, 2013. 130 p.

FUTAMURA GROUP (United Kingdom). **NatureFlex™ NK**. Disponível em: <http://www.futamuragroup.com/en/divisions/cellulose-films/products/natureflex/>. Acesso em: 08 set. 2019.

IPT/CEMPRE (São Paulo). **Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1995. 370 p.

JABEEN, N.; MAJID, I.; NAYIK, G. A. **Bioplastics and food packaging: A review**. *Cogent Food & Agriculture*, [s.l.], v. 1, n. 1, p.1-6, 14 dez. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2015.1117749>.

JORGE, N. **Embalagens para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, 2013. 194 p.

KARAN, H. *et al.* **Green Bioplastics as Part of a Circular Bioeconomy**. *Trends in Plant Science*, [s.l.], v. 24, n. 3, p.237-249, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.010>.

MASHABELA, M.; MAHAJAN, P.V.; SIVAKUM, D. **Influence of different types of modified atmosphere packaging films and storage time on quality and bioactive compounds in fresh-cut**. *Food Packaging and Shelf Life* Vol.22, p. 100374, 2019

PATANÈ, C.; MALVUCCIO, C.; SAITA, A.; RIZZARELLI, P.; SIRACUSA, L.; RIZZOD, V.; MURATORE, G. **Nutritional changes during storage in fresh-cut long storage tomato as affected by biocompostable polylactide and cellulose based packaging**. *LWT*, vol. 101, p. 618-24, 2019.

PONGPIMOL, S. *et al.* **A multi-criteria assessment of alternative sustainable solid waste management of flexible packaging**. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, [s.l.], v. 31, n. 1, p.201-222, 13 jan. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/meq-11-2018-0197>.

RUDNIK, E. **Compostable Polymer Materials**. First edition. Elsevier Ltd., 211p. 2008.

RUGGERO, F.; GORI, R.; LUBELLO, C. **Methodologies to assess biodegradation of bioplastics during aerobic composting and anaerobic digestion: A review**. *Waste Management & Research*, [s.l.], v. 37, n. 10, p.959-975, 20 jun. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x19854127>.

SALOMÃO, G. R; PINHEIRO, J. H. P. A. **Ecotoxicidade de agrotóxicos para macrófitas aquáticas**. XIV Fórum Ambiental Alta Paulista, 2018. Disponível em: <https://www.amigosdanatureza.org.br/eventos/data/inscricoes/3952/form230112839.pdf>. Acesso em: 28 Nov. 2019.

SÁNCHEZ-SAFONT, E. L. *et al.* **Biocomposites of different lignocellulosic wastes for sustainable food packaging applications**. *Composites Part B: Engineering*, [s.l.], v. 145, p.215-225, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.03.037>.

SOBRERO, M.C.; RONCO, A. **Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)**. In: G. C. Morales (ed.), *Ensayos Toxicologicos y Metodos de Evaluacion de Calidad de Água: estandarizacion, intercalibracion, resultados y aplicaciones*. Mexico: IMTA, 2004. pp. 71-79.