



POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

TIPOS, MECANISMOS, NORMAS
E MERCADO MUNDIAL

GUILHERMINO JOSÉ MACÊDO FECHINE



Editora
Mackenzie

POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

Tipos, Mecanismos, Normas e
Mercado Mundial

Coleção AcadeMack, 23

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Reitor: Benedito Guimarães Aguiar Neto

Vice-reitor: Marcel Mendes

COORDENADORIA DE PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS

Coordenadora: Helena Bonito Pereira

EDITORA MACKENZIE

Conselho editorial

Helena Bonito Pereira (*Presidente*)

José Francisco Siqueira Neto

Leila Figueiredo de Miranda

Luciano Silva

Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

Maria Lucia Marcondes Carvalho Vasconcelos

Moises Ari Zilber

Valter Luís Caldana Júnior

Wilson do Amaral Filho

POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

Tipos, Mecanismos, Normas e
Mercado Mundial

Guilhermino José Macêdo Fachine

Copyright © 2013 Guilhermino José Macêdo Fechine

Todos os direitos reservados à Editora Mackenzie. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer meio ou forma sem a prévia autorização da Editora Mackenzie.

Coordenação editorial: Joana Figueiredo

Capa: Jorge Morabito

Diagramação: Bureau São Paulo

Copidesque: Sibilas Editorial

Revisão: Giulia Fontes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Fechine, Guilhermino José Macêdo

Polímeros biodegradáveis : tipos, mecanismos, normas e mercado mundial
/ Guilhermino José Macêdo Fechine. -- São Paulo : Editora Mackenzie, 2013. --
(Coleção AcadeMack ; v. 23)

Bibliografia.

ISBN 978-858293024-3

1. Biodegradação 2. Meio ambiente 3. Polímeros - Biodegradação I. Título.
II. Série.

13-10540

CDD-620.192

Índices para catálogo sistemático:

1. Biodegradação : Polímeros : Engenharia de materiais 620.192
2. Polímeros biodegradáveis : Engenharia de materiais 620.192

EDITORA MACKENZIE

Rua da Consolação, 930

Edifício João Calvino

São Paulo – SP – CEP 01302-907

Tel.: (5511) 2114-8774 (editorial)

Tel.: (5511) 2766-7108 (comercial)

editora@mackenzie.br

www.mackenzie.br/editora.html

Como adquirir o livro:

LIVRARIA MACKENZIE

Campus Higienópolis

Rua da Consolação, 930

São Paulo – SP – CEP 01302-907

Tel.: (5511) 2766-7108

livraria@mackenzie.br

Livraria virtual

www.livraria.mackenzie.br

SUMÁRIO

Prefácio.....	7
Introdução	9
1 Polímeros biodegradáveis.....	13
2 Degradação de polímeros	39
3 Avaliação da biodegradabilidade de polímeros.....	65
4 Mercado mundial dos polímeros biodegradáveis	89
Considerações finais.....	101
Referências.....	103
Índice	117

INTRODUÇÃO

Atualmente, o tema polímeros biodegradáveis é alvo de diversas publicações, de congressos e de eventos científicos, nacionais e internacionais. Esse assunto deixou de ser apenas discutido por pesquisadores e entra no senso comum da sociedade, sendo encontrado em diversas reportagens e em diferentes mídias.

Esse livro tem como principal objetivo informar os leitores sobre os vários tipos de polímeros biodegradáveis (naturais e sintéticos) – como propriedades térmicas, mecânicas, entre outras – e sobre o processo biodegradativo sofrido por eles, que varia de acordo com o meio (temperatura, pH, tipo e quantidade de micro-organismos) no qual são submetidos. Além disso, descreve as principais normas nacionais e internacionais que avaliam a biodegradabilidade dos polímeros, destacando suas particularidades e informando a escolha correta para cada tipo de aplicação. Também tem como proposta apresentar uma avaliação do mercado mundial dos polímeros biodegradáveis, ilustrando o crescimento na demanda e no consumo desses materiais.

Inicialmente, o uso de polímeros biodegradáveis estava apenas ligado a uma das soluções para diminuição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e ao desenvolvimento sustentável, no entanto, para melhor entender isso, uma breve introdução sobre esses assuntos e suas correlações com os polímeros será apresentada a seguir.

O modelo de crescimento econômico usado atualmente gera enormes desequilíbrios: por um lado, riqueza e fartura no mundo em níveis jamais alcançados; por outro, miséria, degradação ambiental e

poluição que aumentam a cada dia. Diante dessa constatação, surge a busca pelo desenvolvimento sustentável (DS) na tentativa de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e, ainda, combater a pobreza no mundo. O desenvolvimento harmônico é exatamente o que propõem os estudiosos em DS, que o definem como: “equilíbrio entre tecnologia e ambiente, relevando-se os diversos grupos sociais de uma nação e também dos diferentes países na busca da equidade e justiça social” (CAVALCANTI, 1995). Para alcançar o DS, a proteção do ambiente precisa ser entendida como parte integrante do processo de desenvolvimento e não ser considerada isoladamente (BARTOLOMEU; CAIXETA FILHO, 2011).

De acordo com os relatórios da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2000, o Brasil produziu 228.413 toneladas de resíduos sólidos e, em 2008, passou a produzir 259.547 toneladas, em 24 horas (IBGE, 2000; IBGE, 2008). Contudo, o mais interessante dessas pesquisas não é a quantidade de resíduos sólidos gerados, e sim a disposição destes. Em 2000, 21,16% eram dispostos em lixões, sendo este valor diminuído para 17,61% em 2008; em aterros sanitários, o percentual subiu de 36,18% para 64,59%, no mesmo período.

Outro dado relevante, porém, preocupante, é que ocorreu uma diminuição no aproveitamento do potencial econômico desses resíduos. Entre os anos de 2000 e 2008, o direcionamento para usinas de compostagem diminuiu de 2,87% para 0,63%, e os resíduos sólidos destinados à incineração (geração de energia térmica e/ou elétrica) diminuíram de 0,45% para 0,03%. Essa superprodução de lixo ocorreu em decorrência das mudanças de hábitos dos brasileiros. Por exemplo: nos anos 1960 e 1970, os brasileiros produziam a maioria dos alimentos em casa, enquanto nos dias atuais compra-se quase tudo em supermercados, crescendo assim o número de embalagens de plástico, de papel, de vidro e de metal que são descartadas após o uso. Essa quantidade de lixo gerada acarreta uma série de problemas, já que o meio ambiente leva

muito tempo para decompor alguns detritos provenientes de descartes industriais e domésticos.

Na composição do resíduo sólido urbano (RSU), encontram-se materiais orgânicos, materiais recicláveis e aqueles resíduos que não são aproveitados, porém, em grande minoria. A reciclagem dos resíduos sólidos – questão muito debatida em todos os países dos cinco continentes – é fonte de empregos e de uma série de benefícios sociais e ambientais, tais como melhorar a limpeza das cidades, diminuir a poluição do solo, da água e do ar, além de, indiretamente, evitar o desmatamento. Dentre os diversos tipos de RSU, os materiais poliméricos apresentam-se com um volume cada vez maior em sua composição. Devido a essa crescente utilização de materiais poliméricos por químicos, engenheiros, cientistas em geral, surgiu uma nova realidade: a de que estaríamos vivendo a *era dos polímeros*.

Os polímeros se dividem em naturais e sintéticos; estes últimos podem ser obtidos a partir de monômeros oriundos de fontes renováveis ou não. O diferencial dos polímeros se encontra em sua aplicabilidade, que oriunda do tipo de material do qual são compostos, ou seja, plásticos, fibras, elastômeros ou borrachas. Na sociedade contemporânea, os polímeros vêm substituindo gradualmente os materiais convencionais em quase todos os setores da economia, não só por seu baixo custo, mas também pelo desenvolvimento contínuo de sua funcionalidade. Apesar do apelo visual comercialmente interessante, são suas propriedades físicas e químicas que os fazem tecnologicamente atraentes; todavia, são estas mesmas propriedades que os tornam vilões do meio ambiente. Os polímeros degradam-se por vários mecanismos e essa deterioração pode dar-se de forma gradual ou mais rapidamente.

Em particular, os polímeros formados por hidrocarbonetos são resistentes ao ataque químico e biológico, de tal forma que isso lhes assegura longevidade mediante micro-organismos. Devido à principal propriedade da grande maioria dos polímeros, a durabilidade, um sério problema acompanha o homem contemporâneo: a enorme quantidade de resíduos produzidos nas cidades, principalmente nos grandes centros

urbanos. Esses resíduos – constituídos, em grande parte, por polímeros sintéticos – podem levar mais de uma centena de anos para se decompor, provocando graves problemas ambientais, a menos que ocorra um sério trabalho de seletiva reciclagem desses resíduos.

Como solução para os problemas decorrentes da poluição ambiental gerada pelo resíduo plástico, são propostas três soluções: reciclagem, incineração e uso de polímeros biodegradáveis (PB). A literatura especializada apresenta os diversos tipos de reciclagem, incineração e biodegradação como metodologias indispensáveis para o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental e de recursos naturais. Contudo, essas alternativas sozinhas não atendem a necessidade mundial diante do grande volume de plásticos descartado diariamente. Na busca por novas soluções e como alternativa aos polímeros convencionais, os polímeros biodegradáveis têm alçado uma posição de destaque. Dessa maneira, as pesquisas em torno desses materiais atingem proporções cada vez maiores. Além do aspecto ambiental, o esgotamento inexorável da principal fonte de matéria-prima para os polímeros sintéticos – o petróleo – implica na aceleração da busca por alternativas industrialmente realizáveis.

O uso de polímeros biodegradáveis não é uma novidade. Sacolas para supermercado, tubos para germinação de sementes, filmes para cobertura de plantações, suturas e parafusos bioabsorvíveis para uso em cirurgias são apenas alguns exemplos de aplicações desse tipo de material. Estamos vivendo o início da era dos polímeros biodegradáveis e, portanto, existe a necessidade de maior esclarecimento desse assunto.

Este livro traz, de forma didática e ilustrativa, informações dos diferentes tipos de polímeros biodegradáveis (naturais e sintéticos) e colabora para um maior entendimento do leitor a respeito dos biodegradativos sofridos por esses polímeros. Também indica e exemplifica as principais normas nacionais e internacionais que avaliam a biodegradabilidade dos polímeros, destacando suas particularidades. Além disso, apresenta uma avaliação do mercado mundial dos polímeros biodegradáveis.

