

**Bioplásticos:**  
Biodegradáveis & *biobased*



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Reitor  
JOSÉ TADEU JORGE

Coordenador Geral da Universidade  
ALVARO PENTEADO CRÓSTA



Conselho Editorial

Presidente  
EDUARDO GUIMARÃES

ELINTON ADAMI CHAIM – ESDRAS RODRIGUES SILVA  
GUITA GRIN DEBERT – JULIO CESAR HADLER NETO  
LUIZ FRANCISCO DIAS – MARCO AURÉLIO CREMASCO  
RICARDO ANTUNES – SEDI HIRANO

UNICAMP ANO 50

Comissão Editorial  
ITALA M. LOFFREDO D'OTTAVIANO  
EDUARDO GUIMARÃES

LUCIA H. INNOCENTINI MEI  
(org.)

**BIOPLÁSTICOS:**  
Biodegradáveis & *biobased*  
Definições, fontes e aplicações

Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990. Em vigor no Brasil a partir de 2009.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP  
DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO  
Bibliotecária: Maria Lúcia Nery Dutra de Castro – CRB-8ª / 1724

---

B524 Bioplásticos: biodegradáveis & *biobased* – definições, fontes e aplicações / organização: Lucia H. Innocentini Mei. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2016.

1. Plásticos. 2. Plásticos – Biodegradação. 3. Plásticos nas embalagens. 4. Polímeros. 5. Lignina. I. Mei, Lucia Helena Innocentini. II. Título.

CDD - 668.4  
- 664.09  
- 547.782

ISBN 978-85-268-1359-5

---

Copyright © by Lucia H. Innocentini Mei  
Copyright © 2016 by Editora da Unicamp

Direitos reservados e protegidos pela lei 9.610 de 19.2.1998.  
É proibida a reprodução total ou parcial sem autorização,  
por escrito, dos detentores dos direitos.

Printed in Brazil.  
Foi feito o depósito legal.

Direitos reservados à

Editora da Unicamp  
Rua Caio Graco Prado, 50 – Campus Unicamp  
CEP 13083-892 – Campinas – SP – Brasil  
Tel./Fax: (19) 3521-7718/7728  
www.editoraunicamp.com.br – vendas@editora.unicamp.br

Aos meus queridos pais, Alayde Filésio e  
Antonio Innocentini (*in memoriam*), ao  
meu esposo, Paulo Roberto Mei, e aos meus  
filhos, Paulo Afonso Mei e André Eduardo Mei,  
por permitirem que eu pudesse realizar  
todos os meus sonhos acadêmicos.  
Meu amor e minha eterna gratidão.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e pelo amor incondicional.

A todos os coautores desta obra, que aderiram à iniciativa de devolver à sociedade parte dos conhecimentos adquiridos ao longo de anos de ensino e pesquisa voltados ao saber e ao bem-estar social.

Aos meus colegas da FEQ, e em especial aos meus colegas do Dembio, por terem me liberado para um período sabático em que aproveitei para realizar meu sonho de escrever este livro, que considero um marco para muitas edições futuras.

À profa. dra. Ítala Maria Loffredo D'Ottaviano, pela coordenação e por nos permitir participar das publicações comemorativas dos 50 anos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

A Sonia Lourenço, pelo incentivo e pelas correções.





“Não ande apenas pelo caminho traçado,  
pois ele conduz somente até onde os outros  
já foram”. (*Alexander Graham Bell*)



# SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	13
INTRODUÇÃO.....	17
1 PLÁSTICOS E BIOPLÁSTICOS: DEFINIÇÕES, MATÉRIAS-PRIMAS E SUSTENTABILIDADE – <i>Lucia Helena Innocentini Mei</i> .....	21
2 NORMAS E PADRÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA ESTUDO DA BIODEGRADAÇÃO DOS BIOPLÁSTICOS EM DIFERENTES AMBIENTES – <i>Lucia Helena Innocentini Mei</i> .....	49
3 MATERIAIS DE ALTO DESEMPENHO DERIVADOS DE ÓLEOS VEGETAIS E DE PROTEÍNAS – <i>Lucia Helena Innocentini Mei e Farayde Matta Fakhouri</i> .....	75
4 POLISSACARÍDEOS COMO FONTES RENOVÁVEIS PARA OBTENÇÃO DE POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS – <i>Farayde Matta Fakhouri, Silvia Maria Martelli, Clarice Fedosse Zornio e Lucia Helena Innocentini Mei</i> .....	103
5 APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DA SERICULTURA PARA OBTENÇÃO DE BIOMATERIAIS: USOS TECNOLÓGICOS DA SERICINA – <i>Thiago Lopes da Silva, Melissa Gurgel Adeodato Vieira, Ambrósio Florêncio de Almeida Neto e Meuris Gurgel Carlos da Silva</i> .....	129

6	LIGNINA: ORIGEM E APROVEITAMENTO – <i>Henrique Real Guimarães e Katia Tannous</i> .....	169
7	PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS E SUA UTILIZAÇÃO NA ÁREA DE EMBALAGENS PARA ALIMENTOS E OUTROS ITENS DE CONSUMO – <i>Silvia Maria Martelli e Farayde Matta Fakhouri</i> .....	189
8	DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS PLÁSTICOS – <i>Ana Rita Morales e Marina Fernandes Cosate de Andrade</i> .....	201
9	FUTURO DOS PLÁSTICOS SUSTENTÁVEIS – EMPRESAS ATUALMENTE ENVOLVIDAS E APLICAÇÕES – <i>Lucia Helena Innocentini Mei, Ana Rita Morales, Farayde Matta Fakhouri</i> .....	223
	GLOSSÁRIO .....	245
	SOBRE OS AUTORES .....	251

## PREFÁCIO

Os polímeros, em particular os plásticos, são materiais que, após sua descoberta, têm contribuído, e muito, para facilitar a vida de cada cidadão, em todos os setores que fazem parte de sua vida diária.

Pode-se imaginar os diversos utensílios de plástico presentes em hospitais, consultórios, farmácias, restaurantes, escolas, salões de beleza, transportes de pessoas e de cargas, supermercados, lojas de cosméticos e de bijuterias, lojas de brinquedo etc.

Em muitos setores da saúde, como hospitais e clínicas médicas e odontológicas, o plástico tem sido indispensável para evitar contaminações do corpo clínico por doenças contagiosas, por exemplo. Impossível imaginarmos hospitais, postos de saúde e farmácias etc., sem o uso de seringas descartáveis para aplicação de medicamentos intramusculares, ou profissionais da área da saúde sem o uso de luvas de proteção no atendimento de vários clientes no dia a dia.

Muitos de nós vivenciamos o uso de latões de lixo doméstico, que após a coleta do lixo eram devolvidos sujos e com mau cheiro, além de portar restos de alimentos que atraíam a presença de insetos. Nos dias atuais é inimaginável gastarmos água

e sabão para efetuar a limpeza desses latões, pois estaríamos gastando água que será devolvida contaminada ao ambiente.

Podemos imaginar hoje:

- Como seriam os supermercados, se todos os recipientes fossem de vidro ou metal?
- Se nas farmácias todos os remédios viessem embalados em outros materiais que não o plástico?
- Quanto combustível extra um caminhão queimaria e com isso poluiria ainda mais o ambiente para carregar alimentos e bebidas contidos em utensílios de vidro?

Portanto, em vista de tantas utilidades dos plásticos nos mais diferentes setores do cotidiano e, em vista de seu baixo custo e de suas propriedades – como transparência ou opalescência; rigidez ou flexibilidade; barreira para evitar que alimentos, bebidas e remédios se estraguem; baixo peso e diferentes formatos –, pode-se admitir que o mundo moderno não dispensa mais a utilização desse material.

Embora o plástico possa ser considerado um material de muitas utilidades, ele apresenta desvantagens que têm sido abordadas na mídia mundial. É comum ouvirmos notícias, muitas vezes superdimensionadas, sobre os efeitos danosos ao ambiente causados por lixo plástico acumulado, quer nos mares, quer em terra, e que levam anos e décadas para se degradar. Isso, aliado à falta de conhecimento e educação ambiental dos povos, tem contribuído para muitos discursos de autoridades contra o uso desse material.

Diante de prós e contras sobre o uso dos plásticos, como as sacolas de supermercados, por exemplo, pretendemos levar, por intermédio deste livro comemorativo dos 50 anos da Unicamp

e de seus serviços prestados à sociedade, um conhecimento mais amplo sobre o tema.

Começamos com as definições do que são os plásticos, de modo que o leitor possa entender melhor esse tema extremamente importante e que está ganhando adeptos no mundo todo. Na sequência, falamos das matérias-primas que podem ser utilizadas para a obtenção desses materiais e o papel deles na sustentabilidade. Como os produtos desenvolvidos com biopolímeros, ou bioplástico, podem ser degradados por microorganismos que vivem no meio ambiente, abordamos no capítulo 2 as principais normas utilizadas no mundo todo para a realização de ensaios que podem comprovar se, de fato, um produto feito de plástico é ou não biodegradável. Esse tem sido um requerimento importante, principalmente para quem quer colocar tais produtos no mercado ou fazer uso deles. Assim, muita investigação científica está em andamento sobre as possíveis matérias-primas renováveis que podem originar esses tipos de polímeros. Dentre muitas possibilidades de matérias-primas renováveis disponíveis, destacam-se os óleos vegetais e as proteínas, conforme abordado no capítulo 3, ou os polissacarídeos como fontes de plásticos biodegradáveis que podem também ser usados como biofilmes comestíveis, como consta no capítulo 4. E quando o assunto se baseia nos rejeitos de processos que podem ser aproveitados como matéria-prima para obtenção de biomateriais para aplicações tecnológicas nobres, depara-se com um caso bastante interessante, dentre os muitos existentes, em que a sericina, derivada de um resíduo da sericicultura, pode ser aproveitada para aplicações nobres, como visto no capítulo 5 deste livro. Ainda, entre as inúmeras fontes de componentes naturais que podem ser aproveitados para obtenção de bioplásticos, pode-se destacar a lignina no capítulo seguinte, a qual é conhecidamente um componente abundante na natureza e que faz parte da estrutura da

parede celular de vegetais, podendo dar origem a várias resinas poliméricas de origem renovável. Dentre as áreas de aplicações dos bioplásticos, destaca-se a de embalagens para alimentos no capítulo 7, e outros bens de consumo; entretanto, as embalagens têm sido nomeadas como as principais causadoras de acúmulo de lixo plástico no ambiente, forçando autoridades governamentais a adotar estratégias em âmbito nacional para combater esse acúmulo. Uma das mais bem-sucedidas é a reciclagem, conforme vemos no capítulo 8. E, finalmente, o capítulo 9 aborda o futuro desses materiais e mais aplicações que podemos vislumbrar, à medida que se conhece mais sobre o assunto.

Esperamos que a leitura deste livro traga o conhecimento necessário para que cada cidadão possa, com conhecimento de causa, ser um usuário consciente e defensor da sustentabilidade do planeta.

*Lucia Helena Innocentini Mei*



## INTRODUÇÃO

Os polímeros, em particular os plásticos, são materiais que, após sua descoberta, têm contribuído, e muito, para facilitar a vida de cada cidadão em todos os setores que fazem parte de sua vida diária. Podemos imaginar diversos utensílios de plástico presentes em hospitais, consultórios, farmácias, restaurantes, escolas, salões de beleza, transportes de pessoas e de cargas, supermercados, lojas de cosméticos e de bijuterias, lojas de brinquedos, nas ruas, como os coletores do lixo doméstico ou os coletores em hospitais e clínicas para descarte de materiais contaminados etc.

Em vista de tantas utilidades dos plásticos, é impossível pensar a vida sem eles, pois apresentam baixo custo, propriedades versáteis – como transparência ou opalescência, rigidez ou flexibilidade –, propriedades de barreira para evitar que alimentos, bebidas e remédios estraguem e, também, apresentam a possibilidade de adquirir diferentes formatos.

Na área da saúde, o plástico tem sido indispensável, em razão de sua praticidade, como no caso daqueles que são utilizados em hospitais e clínicas médicas e odontológicas para evitar contaminações do corpo clínico por doenças contagiosas. Não se pode imaginar a vida sem o uso de seringas descartáveis para

aplicação de medicamentos intramusculares, ou a vida sem o uso de luvas pelos inúmeros dentistas, por exemplo, que manipulam a boca de vários pacientes diariamente.

Nos dias atuais, é impossível voltarmos ao uso de latões de lixo doméstico, como no passado, quando os latões eram devolvidos sujos e com mau cheiro, além de portarem restos de alimentos que atraíam a presença de insetos. Além disso, é inimaginável gastarmos água e sabão para efetuar a limpeza desses latões, pois estaríamos gastando água, que hoje anda escassa, e devolvendo ao ambiente uma água contaminada.

Na área de alimentação, podemos imaginar que muitos restaurantes, lanchonetes e bares recebem fregueses com grande potencial de transmissão de doenças invisíveis, por meio dos talheres, pratos e copos de vidro, que, embora lavados, podem ainda portar e transmitir a hepatite, por exemplo, que é difícil de combater.

No que se refere a embalagens, o que seria dos supermercados, restaurantes, bares e farmácias, por exemplo, se todos os recipientes fossem de vidro? Quanto combustível extra um caminhão queimaria e poluiria o ambiente para carregar alimentos e bebidas contidos em utensílios de vidro com grande volume embutido?

Por outro lado, a crescente utilização de plásticos, nos vários segmentos do mercado, deu origem ao sério problema do gerenciamento do lixo atualmente produzido nas grandes urbes e é motivo de críticas da mídia, dada a dispersão visível do lixo plástico no meio ambiente. Isso em parte é agravado pela falta de coletores seletivos para que a população dê um destino adequado a esse lixo. Para minimizar o problema do acúmulo de lixo plástico nos aterros e lixões a céu aberto, o mercado mundial, e o brasileiro em particular, aderiu à reciclagem como uma das

alternativas viáveis e que em parte tem ajudado a resolver o problema.

Recentemente, uma alternativa vem ganhando força entre os adeptos do meio ambiente. Trata-se dos bioplásticos biodegradáveis e os plásticos de origem biológica (*biobased*). Os primeiros se degradam em um tempo muito curto em relação aos plásticos tradicionais, evitando acúmulo de lixo plástico no ambiente. Embora os plásticos biodegradáveis liberem  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, eles absorvem esse gás em seu ciclo natural, contribuindo para o balanço entre consumo e produção de  $\text{CO}_2$  na natureza. Por sua vez, os plásticos de origem biológica (plásticos *biobased*), cuja matéria-prima para produzi-los vem de fontes renováveis, poupam a utilização de carbono fóssil.

Com relação aos plásticos, a maioria dos sintéticos pós-uso não tem condições de ser reaproveitada pela reciclagem, demora anos para se degradar no lixão e, quando isso acontece, a atmosfera ganha uma quantidade de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que vem de fonte fóssil, ou seja, de fonte não renovável. Esse fato tem puxado o mercado para novas saídas, que contemplem o meio ambiente, sem deixar de atender a crescente demanda. Junto com a enorme variedade de plásticos existentes, há também uma grande lacuna de informações, principalmente no que diz respeito aos bioplásticos, motivo pelo qual a equipe que redigiu este livro decidiu repassar seus conhecimentos à sociedade.

