



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria

Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablon
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria

Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablon
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablon

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia moderna [recurso eletrônico] : soluções para problemas da sociedade e da indústria / Organizadores Filipe Alves Coelho, Iara Lúcia Tescarollo, Vicente Idalberto Becerra Sablon. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-446-7
DOI 10.22533/at.ed.467202809

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Coelho, Filipe Alves. II. Tescarollo, Iara Lúcia. III. Sablon, Vicente Idalberto Becerra.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Enquanto esta obra era produzida, a humanidade via-se diante de uma de suas maiores crises recentes: a pandemia do novo coronavírus. Este cenário escancarou a importância da ciência como ferramenta e um dos pilares da evolução da sociedade. Ao lado da ciência, a engenharia implementa o conhecimento desenvolvido na forma de produtos e serviços, tornando real e sustentável o conhecimento científico.

Sem dúvida, o que tornou possível verdadeiras revoluções na ciência e na engenharia foram os conhecimentos desenvolvidos na interface entre distintas áreas do conhecimento. As ciências biológicas e a engenharia ambiental produziram equipamentos para tratamento de efluentes empregando microrganismos. A computação e a engenharia de processos permitem que um funcionário monitore e controle uma fábrica mesmo estando a quilômetros de distância. A medicina, física e engenharia elétrica produzem equipamentos que enxergam o interior do corpo humano em alta resolução.

Neste sentido, esta obra é uma coletânea de trabalhos de professores cientistas e engenheiros, com vasto conhecimento em suas áreas de atuação, que destaca como a ciência e a tecnologia são empregadas para resolver problemas da sociedade. Em comum, além dos esforços para tornar a sociedade e a indústria mais sustentáveis, está o fato de todos os trabalhos terem sido desenvolvidos na cidade de Campinas ou em cidades próximas.

A multidisciplinaridade presente nesta obra é reflexo de um trabalho em construção no sentido de agregar o conhecimento acumulado e condensá-lo em produtos e serviços ou mesmo um fim em si, visando informar a sociedade de que temos pesquisa de boa qualidade sendo feita no Brasil.

Com o compromisso de incentivar a pesquisa acadêmica, divulgar e disseminar o conhecimento, a Editora Atena, através dessa obra, traz um rico material pelo qual será possível atender aos anseios daqueles que buscam ampliar seus estudos nas temáticas aqui abordadas. Boa leitura!

Dilnei Giseli Lorenzi
Pró-Reitor de Ensino Pesquisa e Extensão
Universidade São Francisco
Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Organizadores

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

GENERAL ASPECTS OF TELEMEDICINE: FROM EMERGENCE TO USE IN THE COVID PANDEMIC 19

Ana Carolina Borges Monteiro

Reinaldo Padilha França

Giulliano Paes Carnielli

Yuzo Iano

Rangel Arthur

DOI 10.22533/at.ed.4672028091

CAPÍTULO 2..... 14

DISAGGREGATION OF LOADS IN THE SMART GRID CONTEXT

Jézer Oliveira Pedrosa

Júlio Cesar Pereira

Ana Carolina Borges Monteiro

Reinaldo Padilha França

Yuzo Iano

Rangel Arthur

DOI 10.22533/at.ed.4672028092

CAPÍTULO 3..... 26

COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO EDINÂMICA MOLECULAR

Fábio Andrijauskas

Glaucilene Ferreira Catroli

DOI 10.22533/at.ed.4672028093

CAPÍTULO 4..... 39

DISPOSITIVO PARA AUXÍLIO À PESSOAS COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA

Vicente Idalberto Becerra Sablon

Bruno Penteado Evangelista

Annete Silva Faesarella

DOI 10.22533/at.ed.4672028094

CAPÍTULO 5..... 53

FATURAMENTO PRÉ-PAGO DE ENERGIA ELÉTRICA: PANORAMA DA MODALIDADE E ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

Annete Silva Faesarella

Amanda de Oliveira Ferri

Ednan Ferreira da Silva

Vicente Idalberto Becerra Sablon

DOI 10.22533/at.ed.4672028095

CAPÍTULO 6..... 66

EXPRESSÕES ANALÍTICAS DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO NO DOMÍNIO DO TEMPO PROVOCADO POR TRANSITÓRIOS DE CORRENTE ELÉTRICA

Geraldo Peres Caixeta

DOI 10.22533/at.ed.4672028096

CAPÍTULO 7..... 83

DESEMPENHO DE MICRORREACTORES FABRICADOS POR MANUFATURA ADITIVA EM REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO DO ACETATO DE ETILA

Katherine Oliveira Alves

Vanessa de Souza Rocha

Filipe Alves Coelho

DOI 10.22533/at.ed.4672028097

CAPÍTULO 8..... 95

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO E ENVELHECIMENTO ACELERADO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NA BLENDAS PBAT/TPS

Fernanda Andrade Tigre da Costa

Marcelo Augusto Gonçalves Bardi

DOI 10.22533/at.ed.4672028098

CAPÍTULO 9..... 116

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DA PRATA SOLÚVEL EM EFLUENTES UTILIZANDO FIBRA DE COCO IN NATURA E ATIVADA

Jaqueline Cristina de Souza

Núbia de Moura Dias Sousa

Pollyanna Oliveira Coutinho

Danielle Matias Rodrigues

Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena

André Augusto Gutierrez Fernandes Beati

DOI 10.22533/at.ed.4672028099

CAPÍTULO 10..... 137

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EMULSIONADOS FORMULADOS COM ÓLEO DE BURITI

Jeane Caroline Oliveira

Ludmila de Oliveira Maia

Iara Lúcia Tescarollo

DOI 10.22533/at.ed.46720280910

CAPÍTULO 11..... 152

EMBALAGEM CARTONADA: METODOLOGIA PARA SEPARAÇÃO E RECICLAGEM DE SEUS COMPONENTES

Mayara Elizabeth Pereira

José Fernando Marin Junior

Roberta Martins da Costa Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.46720280911

CAPÍTULO 12.....	168
DESAFIOS DA DRENAGEM URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ana Caroline Ross Mateo	
Angélica Sampaio dos Santos	
Renata Lima Moretto	
DOI 10.22533/at.ed.46720280912	
CAPÍTULO 13.....	180
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE FILTRAÇÃO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIBEIRINHOS	
Gabriela Consoline Pires	
Liliani Alves da Silva	
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe	
DOI 10.22533/at.ed.46720280913	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	192
ÍNDICE REMISSIVO.....	194

CAPÍTULO 8

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO E ENVELHECIMENTO ACELERADO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NA BLENDA PBAT/TPS

Data de aceite: 26/08/2020

Data de submissão: 29/04/2020

Fernanda Andrade Tigre da Costa

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – SP
<http://lattes.cnpq.br/4983471696496187>

Marcelo Augusto Gonçalves Bardi

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – SP
<http://lattes.cnpq.br/3841717646904035>

RESUMO: A acumulação de materiais plásticos descartados no meio ambiente vem sendo motivo de preocupação pela sociedade científica. Uma alternativa para esse problema é a utilização de plásticos biodegradáveis. Dentre esses plásticos, a adição do amido termoplástico (TPS) ao poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) resulta em um polímero altamente biodegradável que, por esse fator, é utilizado para obter embalagens que exigem um curto tempo de vida útil. Contudo, o estudo tem o propósito de avaliar a biodegradação da blenda de PBAT/TPS em solo simulado em dois diferentes tipos de ambientes, um em um solo que simula as condições normais do ambiente e outro totalmente esterilizado, para avaliar a efetiva ou não ação dos microrganismos. Outro objetivo é avaliar a degradação da blenda de PBAT/TPS por radiação ultravioleta (UV) e posteriormente submeter tais amostras ao processo de biodegradação em solo simulado para observar se o pré-envelhecimento influencia

na biodegradação. Portanto, inicialmente foi discutido os resultados das caracterizações realizadas nas amostras expostas à degradação em solo simulado por 1 mês (DSC, DRX, MEV e colorimetria). E de acordo com os resultados, foi possível afirmar que a ação dos microrganismos não teve influência na degradação do material, pelo menos durante a fase inicial de biodegradação em 1 mês. Com base nesse resultado, foi realizado um ensaio de biodegradação em solo simulado durante um tempo maior (6 meses) em ambiente normal para avaliar o comportamento do material durante mais tempo, no qual a perda de massa manteve na redução 20% da composição inicial, a mesma obtida no ensaio de 1 mês. Então, essa perda de massa foi o limite que o material se degradou nas condições deste trabalho. Posteriormente foi feito o pré-envelhecimento por radiação ultravioleta durante 10 dias à 60°C de acordo com ASTM D5208-09 (“Standard Practice for Fluorescent Ultraviolet (UV) Exposure of Photodegradable Plastics,” 2009). Análises de perda de massa, DSC e TG foram realizadas para avaliar o efeito do pré-envelhecimento. E de acordo com os resultados, foi possível afirmar que a exposição à luz ultravioleta acelerou o processo de biodegradação, na qual sem exposição à luz UV a amostra degradou 20% e com a exposição à luz UV degradou 40% no solo durante 1 mês. Entretanto, comparando os tipos de ambientes, a ação dos microrganismos ainda não teve influência na degradação do material, pelo menos durante a fase inicial de 1 mês.

PALAVRAS-CHAVE: Solo simulado, blenda PBAT/TPS, degradação, microrganismos,

radiação ultravioleta.

EVALUATION OF BIODEGRADATION AND AGING ACCELERATED BY ULTRAVIOLET RADIATION IN THE PBAT/TPS BLEND

ABSTRACT: The accumulation of plastic materials discarded in the environment has been a matter of concern for the scientific society. An alternative to this problem is the use of biodegradable plastics. Among these plastics, the addition of thermoplastic starch (TPS) to poly(butylene adipate co-terephthalate) (PBAT) results in a highly biodegradable polymer that, for this reason, is used to obtain packaging that requires a short shelf life. However, the study has the purpose of evaluating the biodegradation of the PBAT/TPS blend in simulated soil in two different types of environments, one in a soil that simulates the normal conditions of the environment and the other fully sterilized, to evaluate the effective or not action of microorganisms. Another objective is to evaluate the degradation of the PBAT/TPS blend by ultraviolet (UV) radiation and subsequently submit such samples to the biodegradation process in simulated soil to observe whether pre-aging influences biodegradation. Therefore, the results of the characterizations performed on samples exposed to degradation in simulated soil for 1 month were initially discussed (DSC, DRX, SEM and colorimetry). And according to the results, it was possible to state that the action of the microorganisms had no influence on the degradation of the material, at least during the initial phase of biodegradation in 1 month. Based on this result, a simulated soil biodegradation test was carried out for a longer time (6 months) in a normal environment to assess the material's behavior for a longer time, in which the loss of mass kept the initial composition reduced by 20%, the same obtained in the 1 month trial. So, this loss of mass was the limit that the material was degraded under the conditions of this work. Subsequently, ultraviolet radiation was pre-aged for 10 days at 60°C according to ASTM D5208-09 ("Standard Practice for Fluorescent Ultraviolet (UV) Exposure of Photodegradable Plastics," 2009). Mass loss, DSC and TG analyzes were performed to assess the effect of pre-aging. And according to the results, it was possible to state that exposure to ultraviolet light accelerated the biodegradation process, in which, without exposure to UV light, the sample degraded 20% and with exposure to UV light degraded 40% in the soil for 1 month. However, when comparing the types of environments, the action of microorganisms has not yet influenced the degradation of the material, at least during the initial phase of 1 month.

KEYWORDS: Simulated soil, PBAT/TPS blend, degradation, microorganisms, ultraviolet radiation.

1 | INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais das sacolas plásticas estão em toda parte, desde a poluição visual até a morte dos animais (ORSO, 2014). De acordo com Grimberg (2018), 300 milhões de toneladas de plástico são geradas por ano em todo o mundo, aproximadamente 1/3 desta composição vem de embalagens e a maioria dos

plásticos usados são descartados incorretamente no ambiente.

Buscando a melhoria para a degradação de materiais plásticos no ambiente, várias propostas alternativas foram consideradas. Segundo Boscaro (2014), o uso de polímeros biodegradáveis é uma alternativa ambientalmente menos impactante que os polímeros tradicionais. Desta forma, os plásticos podem continuar sendo utilizados pela indústria e pelo comércio, não contribuindo para o acúmulo de resíduos sólidos gerados pela sua disposição (BOSCARO, 2014).

Os polímeros biodegradáveis são degradados pela ação de bactérias, fungos e algas. Normalmente, suas cadeias são inicialmente quebradas por processos como hidrólise e fotólise, e então os microrganismos podem acessar o volume polimérico e degradar os subprodutos de massa molecular mais baixa por ação enzimática (FECHINE, 2013). O processo geral da biodegradação é ilustrado na Figura 1. Na qual a degradação se divide em duas fases, a fase abiótica e a fase biótica. A fase abiótica é onde ocorre a hidrólise das macromoléculas do polímero para se dividir em monômeros e oligômeros, onde neste momento são suficientemente pequenos para serem digeridos pelos microrganismos, dando início a fase biótica. Na fase biótica, os microrganismos metabolizam o polímero gerando biomassa podendo realizar dois tipos de produção, a aeróbica (gerando CO₂ e água) e a anaeróbica (gerando gás metano).

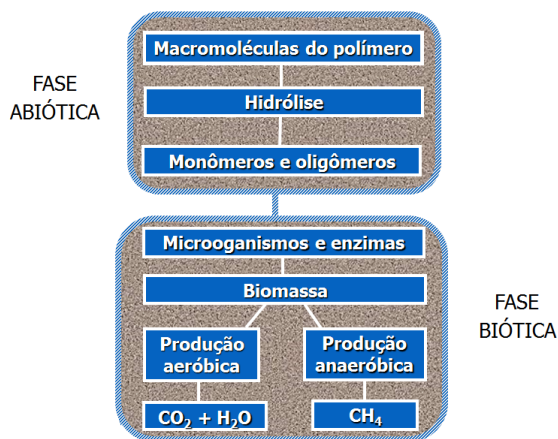


Figura 1 - Esquema genérico da biodegradação. (Adaptada de BARDI & ROSA, 2007).

Além disso, polímeros biodegradáveis são usados em misturas com outros polímeros para aumentar a biodegradabilidade. No estudo de Ferro et al (2015), foi possível afirmar que a adição de amido ao polietileno com 50% na composição, em

relação ao volume, teve um percentual satisfatório na perda de massa, comparado aos estudos encontrados na literatura, que foi de 8% em relação ao filme controle. O ensaio foi feito por tratamento enzimático como uma técnica de medição de biodegradabilidade (FERRO et al, 2015).

O amido é um dos polímeros naturais que tem sido muito utilizado na produção de plásticos biodegradáveis, pois pode ser obtido de várias fontes da natureza, como milho, mandioca e outros (TEE et al, 2013). Entretanto, o amido não apresenta propriedades termoplásticas em sua forma nativa, mas pode ser processado na presença de plastificantes e altas temperaturas para obtenção do amido termoplástico (TPS) (TEE et al, 2013). O amido é composto por dois tipos de estrutura: amilose e amilopectina, um linear e outro totalmente ramificado. A Figura 2 ilustra a estrutura química do amido.

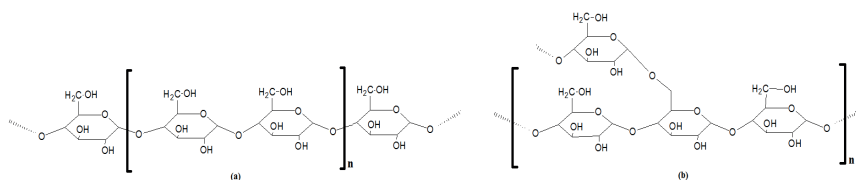


Figura 2 - Estrutura química do amido: (a) amilose; (b) amilopectina.

Fonte: Próprio autor.

Polímeros à base de amido são mais biodegradáveis, o que possibilita sua inserção no processo de compostagem (CHUAYJULJIT et al, 2017). No entanto, o amido tem algumas desvantagens, como o forte comportamento hidrofílico e propriedades mecânicas mais fracas quando comparado com os polímeros sintéticos. No entanto, estudos foram realizados para procurar composições poliméricas, a fim de garantir seu grau de biodegradabilidade e sua resistência mecânica (CHUAYJULJIT et al, 2017).

Polímeros sintéticos biodegradáveis também despertam interesse, como o poli (co-tereftalato de adipato de butileno) (PBAT), cuja estrutura química é apresentada na Figura 3. O PBAT é um copolímero sintético, biodegradável e derivado do petróleo produzido pela empresa BASF, também conhecida como Ecoflex® (CARDOSO et al, 2017). Este polímero é geralmente estudado para aplicações de embalagens (DONG et al, 2013).

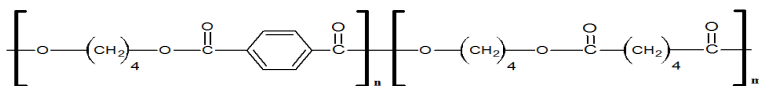


Figura 3 - Estrutura química do PBAT.

Fonte: Próprio autor.

Uma mistura que foi estudada a partir de PBAT e TPS é conhecida como Ecobras®, desenvolvida em parceria entre a BASF e a Corn Products of Brazil (PAIVA et al, 2015). Quando o amido e o PBAT são misturados, o custo é menor e as suas propriedades de degradabilidade aumentam (CHAVES DA SILVA et al, 2017). Ele foi desenvolvido para possuir biodegradabilidade, juntamente com boas propriedades mecânicas e de processamento (PAIVA et al, 2015).

No estudo de Santos et al (2014), foram preparados filmes biodegradáveis a partir de fécula de mandioca, poli (butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT) e montmorilonita (MMT) utilizando o processo de extrusão por sopro e analisou-se os efeitos de diferentes tipos e concentrações de MMT na microestrutura, e propriedades mecânicas dos filmes resultantes. Os filmes foram produzidos pela mistura de 30% de PBAT com glicerol (17,5%), amido (49,0-52,5%) e quatro tipos diferentes de montmorilonita (Cloisite® Na+, 10A, 15A e 30B) em duas concentrações diferentes (1,75% e 3,5%). Todos os filmes preparados neste estudo mostraram um aumento no espaçamento basal das camadas de MMT. Em particular, os filmes com 10A e 30B apresentaram o maior aumento no espaçamento basal de intercalação, sugerindo a formação de compósitos intercalados. A adição de nano argilas, diminuiu o alongamento dos filmes (SANTOS et al, 2014).

Embora existam alguns estudos que analisam as propriedades da blenda PBAT/TPS juntamente com diversas combinações com outros materiais, poucos são os estudos que avaliam o mecanismo microbiológico da degradação da blenda. Portanto, este ainda é um campo desconhecido de acordo com a literatura.

Portanto, este projeto tem por objetivo acompanhar a biodegradação da blenda de poli(butileno adipato co-tereftalato)/amido Termoplástico (Ecobras®), pré-envelhecido por radiação ultravioleta, em dois diferentes tipos de solo simulado. Na qual a caracterização dos componentes puros e as suas misturas será realizada por meio de propriedades térmicas, mecânicas, reológicas e morfológicas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Como material de estudo, Ecobras® (BASF S.A., São Paulo, SP), obtido na forma de filmes em bobina, gentilmente doados pela Corn Products do Brasil S.A. (Jundiaí, SP), foi caracterizado e submetido aos ensaios de biodegradação. Para a preparação do solo foi utilizado areia média-fina, água química e microbiologicamente pura (deionizada e desmineralizada) e terra vegetal, onde essa terra é preparada com composto orgânico, de origem vegetal, rico em nutrientes que exercem influência direta no solo, melhorando suas propriedades (Marca: Pedra Grande).

2.2 Método

Durante esse período de projeto foram realizados os seguintes procedimentos:

- Caracterização das amostras obtidas do ensaio de biodegradação da blenda PBAT/TPS durante 1 mês em dois ambientes (normal e esterilizado), por DSC, DRX, MEV e colorimetria;
- Ensaio de biodegradação da blenda PBAT/TPS durante 6 meses no ambiente normal;
- Ensaio de degradação acelerada da blenda PBAT/TPS por luz ultravioleta;
- Ensaio de biodegradação da blenda PBAT/TPS pré-degradada por UV durante 1 mês em dois ambientes (normal e esterilizado);
- Caracterização das amostras obtidas do ensaio de biodegradação da blenda PBAT/TPS pré-degradada por UV durante 1 mês em dois ambientes (normal e esterilizado), por DSC e TG.

2.2.1 Caracterização por DSC, DRX, MEV e Colorimetria das amostras do ensaio de 1 mês em dois ambientes

As análises de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foram realizadas com o calorímetro modelo DSC 204 Phoenix®, TASC 414/3 A, fabricado pela empresa NETZSCH (Gerätebau G. m. b. H., Selb, Alemanha). As curvas DSC foram obtidas para as amostras originais e biodegradadas, utilizando-se razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até à temperatura de 200°C , utilizando-se atmosfera de ar e cadinho de alumínio fechado. Sendo assim, foi possível obter as temperaturas de transição vítrea, de fusão e a entalpia de fusão (T_g , T_m e ΔH_m , respectivamente) para cada amostra. O grau de cristalinidade (X_C) do PBAT foi determinado pela Equação 1.

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_m^o} \times 100 \quad (1)$$

Onde H_m é a variação da entalpia de fusão do PBAT e H_m^o é a variação da entalpia de fusão para o PBAT 100% cristalino, equivalente a 114 J/g (HERRERA *et al*, 2002).

Nas análises de difratometria de raios-X (DRX) foram realizadas com o difratômetro modelo X'Pert-PRO MRD XL, PW3040/80 DRX, fabricado pela empresa PANalytical (Lelyweg 1, 7602 EA Almelo). Para obter os resultados, foi utilizado na análise a energia de feixe em um tubo de cobalto, tensão de 40kV e corrente de 45mA.

Para as análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizadas no Microscópio Eletrônico de Varredura FEI®, modelo Quanta 650 FEG High Resolution E-SEM, fabricado pela empresa Thermo Fisher Scientific (5350 NE Dawson Creek Drive Hillsboro, Oregon 97124 USA). As amostras foram analisadas sob diferentes magnificações que varia de acordo com as diferentes imagens (3k, 10k e 50k). O modo de detecção foi utilizado o detector de elétrons secundários para operação em alto vácuo (ETD), a tensão de varredura de 5,00 keV, a abertura do obturador de 3,0 e a razão WD de 7,99 mm.

E nas análises de colorimetria foram realizadas com o colorímetro modelo Spectro-Guide Sphere Gloss CD-6834, fabricado pela empresa BYK (BYK-Gardner GmbH, Geretsried, Alemanha). Os valores obtidos foram das coordenadas L^* , a^* , b^* e G (brilho). Onde as amostras foram medidas em um fundo branco, para diminuir interferências na medição, e foram feitas três medições em pontos diferentes em cada amostra, para maior precisão das coordenadas.

2.2.2 Ensaio de biodegradação de 6 meses no ambiente normal

Após a caracterização das amostras foi realizado um ensaio de biodegradação em ambiente normal nas mesmas condições do ensaio de biodegradação anterior de 1 mês, porém, o estudo foi prolongado para 6 meses.

A preparação do solo de ensaio foi feita com 58% de terra vegetal, 21% de areia média-fina e 21% de água deionizada e desmineralizada obtida pela técnica de osmose reversa (marca: Quimis Aparelhos Científicos LTDA, local de fabricação: Diadema – SP – Brasil, modelo: Q842-210). Na qual, para cada recipiente de solo simulado foram enterradas 4 amostras de 3x3cm do material estudado.

A temperatura e o pH de cada pote foram frequentemente examinados e suas umidades controladas por meio de medidor 4x1 digital de solo (marca: DANOPLUS, local de fabricação: China, modelo: AMT-300).

2.2.3 Ensaio de degradação acelerada por radiação ultravioleta

O ensaio de aceleração da degradação por luz ultravioleta da blenda foi realizado no sistema acelerado de envelhecimento para não metálicos (Ultra violeta “B”/Condensação) – (ASTM G53), modelo UV COND, (Comexim Matérias Primas Ind. Com. Ltda., SP). No qual, foi realizado o envelhecimento por luz ultravioleta do tipo “B”, durante 10 dias a 60°C, das amostras a serem enterradas no solo.

2.2.4 Ensaio de biodegradação da amostra pré-envelhecida por luz UV durante 1 mês nos dois ambientes

Após a degradação por luz ultravioleta, as amostras foram submetidas ao ensaio de biodegradação durante 1 mês em dois tipos de ambiente, um em condições normais da natureza e outro totalmente esterilizado, assim sendo possível avaliar a efetiva ou não ação dos microrganismos na degradação.

A preparação do solo e o procedimento foi realizado nas mesmas condições dos ensaios anteriores de biodegradação.

Para a esterilização dos potes foi utilizado a autoclave vertical (marca: Phoenix Luferco, local de fabricação: Araraquara – SP – Brasil, modelo: AV). E para manter o conteúdo dos potes estéreis durante o ensaio foi preciso executar esses testes dentro da cabina de segurança biológica (marca: Grupo VECO, local de fabricação: Campinas – SP – Brasil, modelo: A1).

2.2.5 Caracterização por DSC e TG das amostras biodegradadas e pré-envelhecidas

As análises de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foram realizadas nas mesmas condições do teste anterior.

As análises de termogravimetria (TG) foram realizadas na termobalança modelo TG 209 F1 Iris®, fabricado pela NETZSCH (Gerätebau G. m. b. H., Selb, Alemanha). As curvas de TG foram obtidas para as amostras originais e biodegradadas, utilizando-se razão de aquecimento de 10°C min⁻¹ até à temperatura de 600°C, utilizando-se atmosfera de nitrogênio e cadinho de cerâmica aberto. Sendo assim, foi possível obter as temperaturas de estabilização, de 50% de degradação e a massa residual (T_{est} , $T_{50\%}$ e m_r , respectivamente), como mostra a Figura 21. O resultado pode ser diferenciado numericamente, em relação ao tempo ou temperatura, para dar uma curva termogravimétrica derivada (DTG). Gráficos de DTG são úteis na tentativa de resolver processos sobrepostos e para alguns métodos de análise cinética (BROWN, 2001).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização por DSC, DRX, MEV e Colorimetria das amostras do ensaio de 1 mês em dois ambientes

Análises de DSC foram realizadas para amostras de PBAT/TPS submetidas ao ensaio de biodegradação em ambiente normal e esterilizado, ao longo de 30 dias, conforme ilustrado na Figura 4.

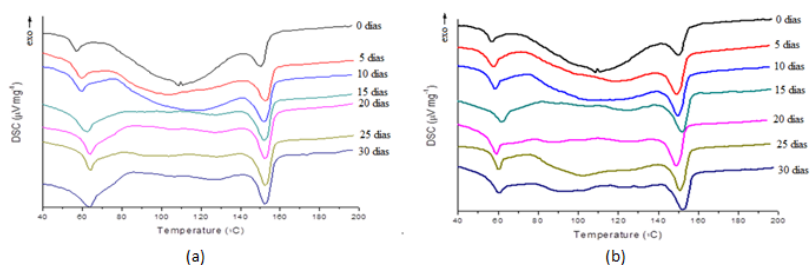


Figura 4 - Curvas DSC para amostras PBAT/TPS: (a) expostas no ambiente normal; (b) expostas no ambiente esterilizado.

A partir dos dados apresentados na Figura 4, foi possível determinar as temperaturas de transição vítrea (T_g), fusão (T_m) e entalpia de fusão (ΔH_m) das amostras, relatadas nas Tabelas 1 e 2.

Solo Simulado	Sem Envelhecimento	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias	30 Dias
T_g (°C)	57,0	59,8	59,4	62,2	63,9	63,8	63,3
T_m (°C)	150,1	152,5	152,0	152,3	152,5	152,7	152,6
ΔH_m (J/g)	14,47	19,53	25,95	26,66	27,36	27,98	26,07
X_c (%)	12,69	17,13	22,76	23,38	24,00	24,54	22,96

Tabela 1 - Resultados da análise de DSC das amostras no ambiente normal.

Solo Esterilizado	Sem Envelhecimento	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias	30 Dias
T_g (°C)	57,0	59,6	60,6	63,1	62,2	61,6	60,5
T_m (°C)	150,1	151,1	151,8	152,9	152,0	151,9	152,2
ΔH_m (J/g)	14,47	24,31	27,58	27,29	25,64	25,51	26,12
X_c (%)	12,69	21,32	24,19	23,94	22,49	22,38	22,91

Tabela 2 - Resultados da análise de DSC das amostras no ambiente esterilizado.

Observou-se que o processo de biodegradação causou alterações de aproximadamente 1,25% na localização do pico de fusão e 80,2% na sua entalpia, caracterizando que houve redução nas frações molares dos componentes da blenda, facilitando sua mobilidade no material fundido. Tal fator pode ser também observado no deslocamento da temperatura de transição vítrea, característica do PBAT. Isso ocorreu devido à região cristalina da amostra ter aumentado, possível observar também pelo aumento do grau de cristalinidade (X_c).

O processo de biodegradação afetou diretamente os domínios morfológicos do material estudado. Sendo assim, é possível observar que não houve variação significativa entre solo normal e autoclavado, indicando que apenas os fatores físicos abióticos impactam no estágio inicial da biodegradação, visto que a hidrólise é a etapa inicial e responsável por tornar disponível o substrato para as demais etapas (GUERI *et al*, 2017).

Análises de DRX das amostras expostas aos dois ambientes foram realizadas, sendo que os espectrômetros são apresentados na Figura 5.

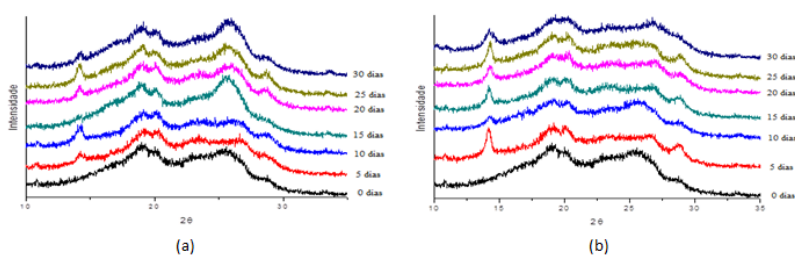


Figura 5 - Resultados obtidos para a análise de DRX: (a) ambiente normal; (b) ambiente esterilizado.

Foi possível observar que, à medida em que o tempo de exposição no solo aumentou, a região cristalina da amostra também aumentou, indicando que houve uma degradação do material, visto que a região amorfa do material (amido) diminuiu devido a degradação inicial.

Por meio de MEV, foi possível obter as micrografias em diferentes magnitudes para as amostras envelhecidas a nos dois ambientes, conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4.

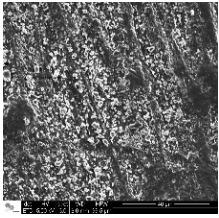
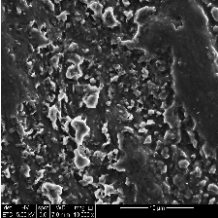
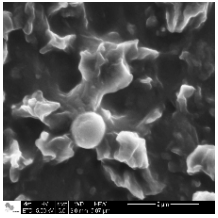
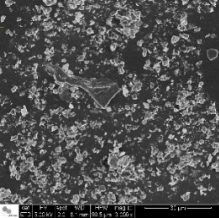
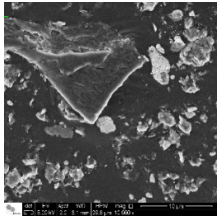
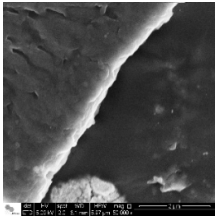
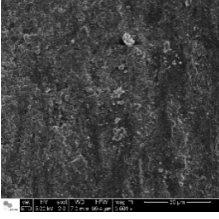
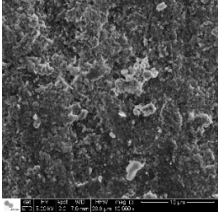
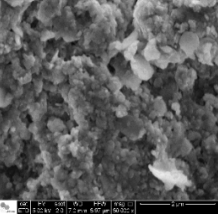
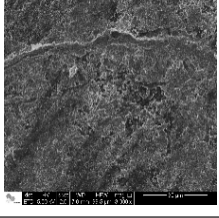
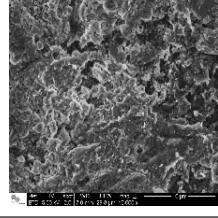
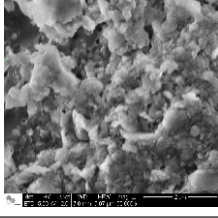
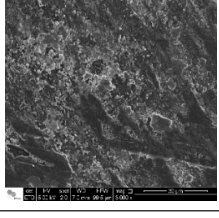
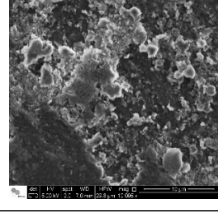
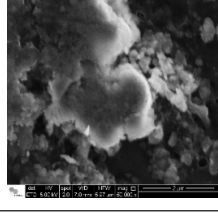
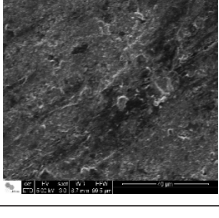
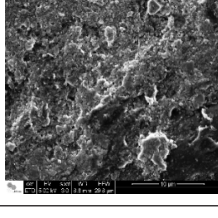
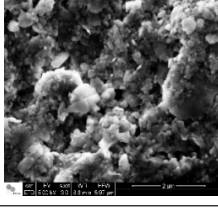
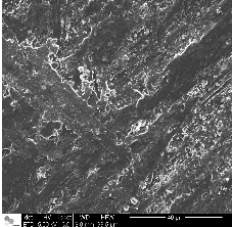
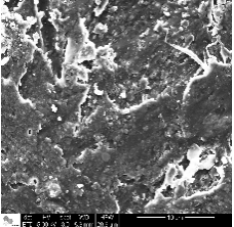
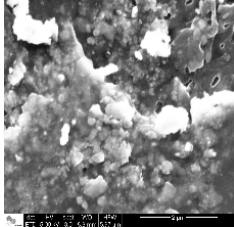
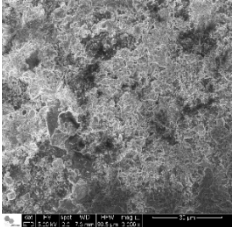
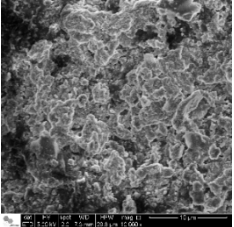
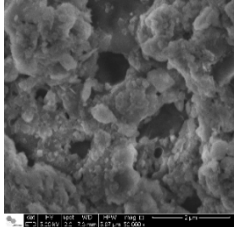
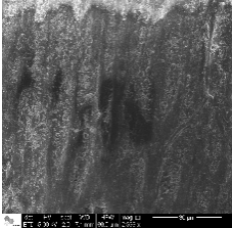
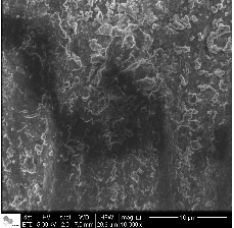
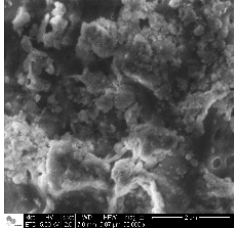
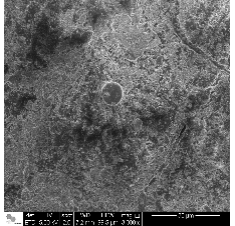
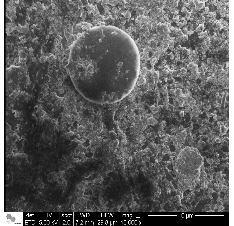
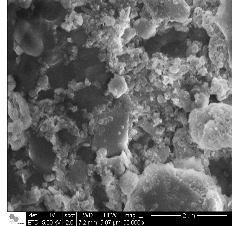
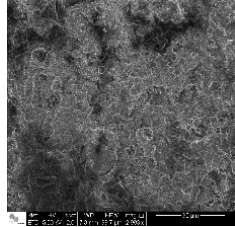
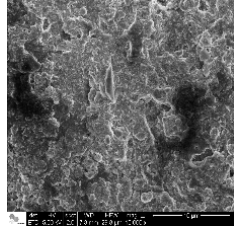
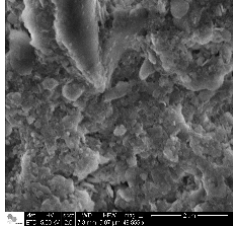
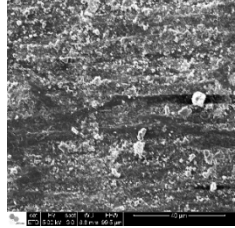
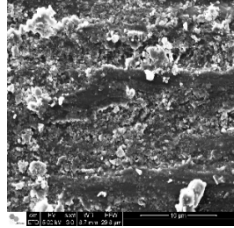
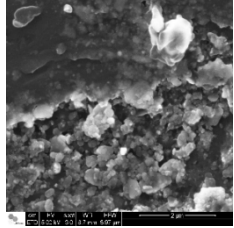
Tempo de exposição	3k	10k	50k
0 dias			
5 dias em ambiente esterilizado			
5 dias em ambiente normal			
10 dias em ambiente esterilizado			
10 dias em ambiente normal			
15 dias em ambiente esterilizado			

Tabela 3 - MEV da amostra de PBAT/TPS em diferentes condições de solo (Parte 1).

15 dias em ambiente normal			
20 dias em ambiente esterilizado			
20 dias em ambiente normal			
25 dias em ambiente esterilizado			
25 dias em ambiente normal			
30 dias em ambiente esterilizado			

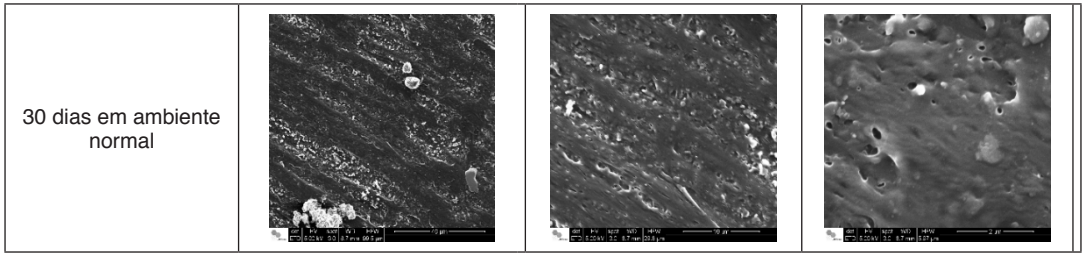


Tabela 4 - MEV da amostra de PBAT/TPS em diferentes condições de solo (Parte 2).

Através das imagens de MEV, foi possível observar a mudança da superfície da amostra de acordo com o tempo de exposição no solo, no qual a superfície do filme tende a ficar mais homogênea. Isso se dá devido a região amorfa do material (amido) diminuir principalmente pelo processo de hidrólise, fazendo com que a região cristalina (PBAT) prevaleça.

Na análise de Colorimetria foram obtidos os valores médios das coordenadas L^* , a^* , b^* e G , para as amostras do ambiente normal e do ambiente esterilizado, vermelho e preto respectivamente, mostrados nas Figuras 6 e 7.

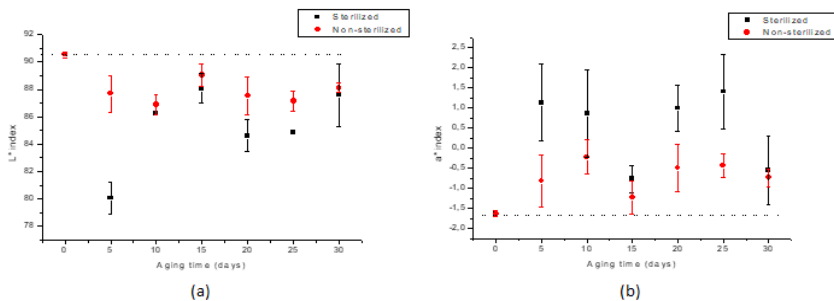


Figura 6 - Os valores médios para amostras PBAT/TPS não envelhecidas e envelhecidas em diferentes condições do solo: (a) para o índice L^* ; (b) para o índice a^* .

No índice L^* , as amostras obtiveram resultados menores do que a amostra padrão (sem envelhecimento). Isso afirma que houve um escurecimento das amostras, visto que 100 representa o branco e 0 representa o preto.

No índice a^* , as amostras obtiveram resultados maiores do que a amostra padrão. Isso afirma que as amostras tenderam para uma coloração mais avermelhada, visto que positivo representa o vermelho e negativo representa o verde.

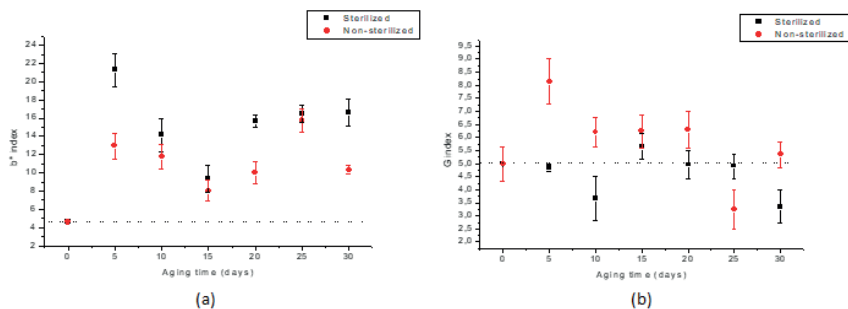


Figura 7 - Os valores médios para amostras PBAT/TPS não envelhecidas e envelhecidas em diferentes condições do solo: (a) para o índice b^* ; (b) para G (brilho).

No índice b^* , as amostras também obtiveram resultados maiores do que a amostra padrão. Isso afirma que as amostras tenderam para uma coloração mais amarelada, visto que positivo representa o amarelo e negativo representa o azul.

Para a análise do brilho, os resultados variaram diferentemente em relação ao padrão. Isso se dá devido a superfície da amostra apresentar vestígios do solo, fazendo que haja uma interferência na medição do brilho da amostra.

De acordo com Bardi (2014), o aumento do valor médio do índice b^* , aproximando-se da região amarela, indica a degradação da amostra. O amarelecimento pode estar relacionado ao aumento dos grupos carbonila no material, sendo este um grupo cromóforo, cuja presença é esperada em materiais em processo de degradação (PELEGRINO & BARDI, 2016).

3.2 Ensaio de biodegradação de 6 meses no ambiente normal

A perda de massa das amostras submetidas ao ensaio de biodegradação (em %) é representada na Figura 8.

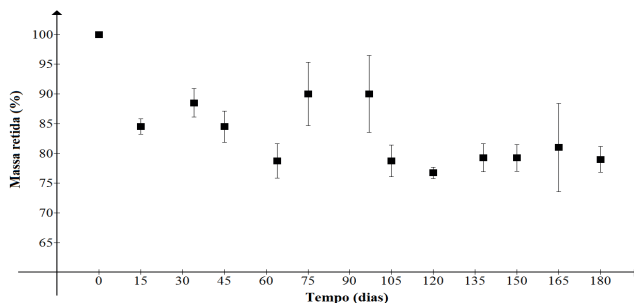


Figura 8 - Gráfico da perda de massa da amostra de PBAT/TPS durante o ensaio de biodegradação em 6 meses.

A degradação da amostra durante 6 meses reduziu para aproximadamente 80% da amostra inicial. O mesmo comportamento foi observado durante o ensaio de biodegradação anterior em 1 mês. Isso afirma que, nas condições desse estudo, a amostra degradou o máximo possível, visto que o tempo de exposição ao solo aumentou e a amostra não degradou mais que 20%.

Esse comportamento pode ser explicado pela hipótese de que, como o solo utilizado neste estudo é rico em nutrientes, os microrganismos não precisaram metabolizar o polímero como fonte de nutrientes, pois o ambiente em que os microrganismos estavam era favorável para seu desenvolvimento. Fazendo com que o material somente sofra a etapa inicial da degradação (hidrólise) e não ocorra a ação dos microrganismos.

3.3 Ensaio de degradação acelerada por radiação ultravioleta

Como resultado do envelhecimento acelerado por luz UV das amostras após 10 dias expostas à 60°C, é possível observar a aparência das amostras na Figura 9.

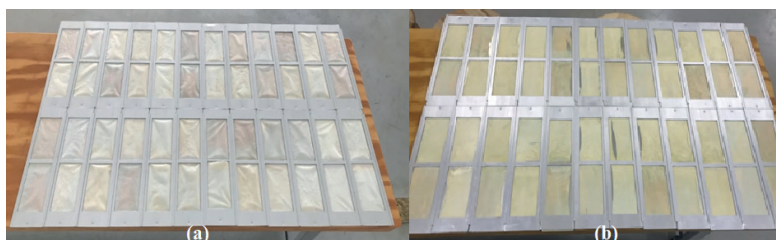


Figura 9 – Amostras selecionadas para exposição na câmara de degradação acelerada por luz ultravioleta: a) Antes da exposição; b) Após 10 dias de exposição.

É possível observar que a amostra ficou mais amarelada durante a exposição a luz ultravioleta, essa mudança é melhor observada na Figura 10. Sendo assim, possível observar o efeito da degradação térmica na amostra.

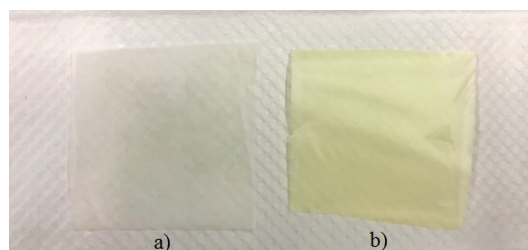


Figura 10 - Comparação das amostras antes de depois do envelhecimento por luz UV: a) amostra sem envelhecimento; b) amostra após 10 dias na câmara de degradação acelerada por luz UV.

3.4 Ensaio de biodegradação da amostra pré-envelhecida por luz UV durante 1 mês nos dois ambientes

Durante o ensaio de biodegradação, a perda de massa das amostras pré-envelhecidas por UV nos dois diferentes tipos de ambiente estão representadas na Figura 11.

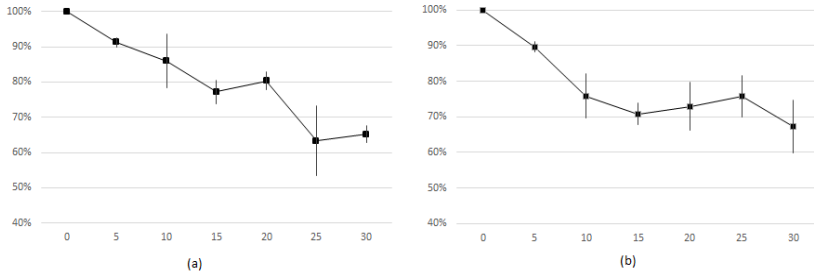


Figura 11 - Perda de massa na biodegradação: (a) em ambiente normal; (b) em ambiente esterilizado.

É possível notar que em ambos os ambientes degradou aproximadamente 40% da massa inicial. Porém, não apresentou uma diferença significativa quanto à perda de massa em função do tipo de ambiente exposto.

Na Figura 12 é possível comparar o comportamento da perda de massa com e sem a exposição a luz UV na biodegradação nos diferentes ambientes utilizando os dados obtidos nesse período e no período anterior. Na qual indica que a exposição a luz UV acelerou a biodegradação da blenda PBAT/TPS.

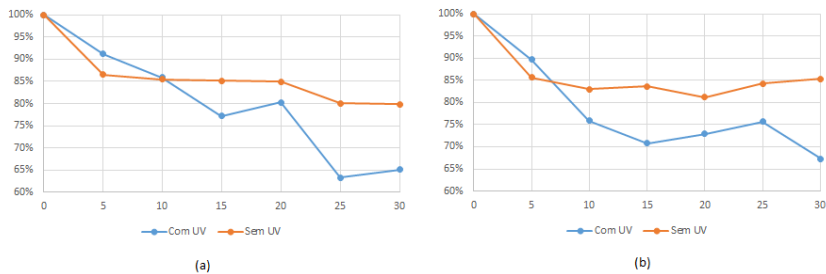


Figura 12 - Perda de massa na biodegradação com e sem pré-envelhecimento por radiação UV: (a) em ambiente normal; (b) em ambiente esterilizado.

3.5 Caracterização por DSC e TG das amostras biodegradadas e pré-envelhecidas

A Figura 3 ilustra as curvas de DSC para a amostra sem envelhecimento e com envelhecimento acelerado por luz UV. Onde, é possível observar que a exposição a luz UV ocasionou mudanças nas propriedades do polímero, tais como a ausência do pico de transição vítrea e a antecipação do pico de fusão.

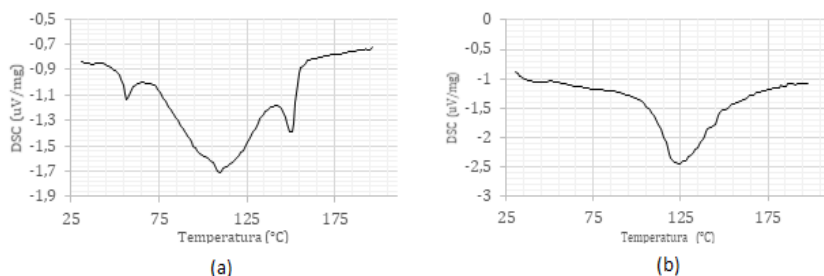


Figura 13 - Curva de DSC para amostra de PBAT/TPS: (a) sem envelhecimento; (b) com envelhecimento por luz UV.

Já a Figura 14 representa as curvas de DSC das amostras retiradas a cada 5 dias durante a biodegradação nos dois diferentes tipos de ambiente.

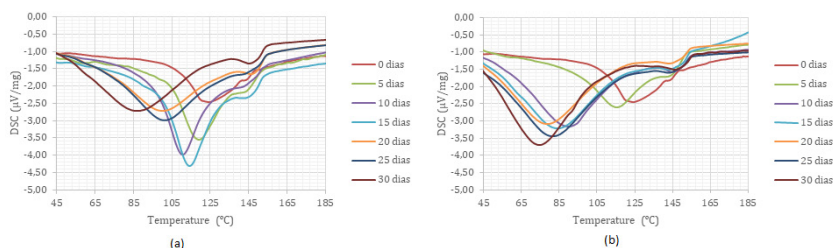


Figura 14 - Curvas de DSC das amostras durante a biodegradação: (a) em ambiente normal; (b) em ambiente esterilizado.

Em ambos os ambientes é possível notar que a medida em que o tempo de exposição à biodegradação aumenta, o pico de fusão se desloca cada vez mais para temperaturas mais baixas.

Os dados obtidos na análise de DSC para as amostras biodegradadas em ambiente normal e esterilizado estão representados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. Sendo possível observar claramente a redução da temperatura de fusão durante a biodegradação.

Solo Simulado	Sem Envelhecimento	Só UV	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias	30 Dias
Tg (°C)	57,0	-	-	-	-	-	-	-
Tm (°C)	150,1	124,4	119,3	110,6	114,4	99,8	101,0	87,4
ΔH_m (J/g)	14,47	103,5	161,8	251,0	281,9	339,7	362,2	469,6
X_c (%)	12,69	90,79	141,93	220,17	247,28	297,98	317,72	411,93

Tabela 5 - Resultados da análise de DSC das amostras no ambiente normal.

Solo Simulado	Sem Envelhecimento	Só UV	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias	30 Dias
Tg (°C)	57,0	-	-	-	-	-	-	-
Tm (°C)	150,1	124,4	115,7	90,1	84,2	79,2	81,9	74,2
ΔH_m (J/g)	14,47	103,5	164,9	447,4	464,0	497,6	510,1	531,6
X_c (%)	12,69	90,79	144,65	392,46	407,02	436,49	447,46	466,32

Tabela 6 - Resultados da análise de DSC das amostras no ambiente esterilizado.

As curvas de TG e DTG para a amostra sem envelhecimento e com envelhecimento por luz UV são representadas pela Figura 15.

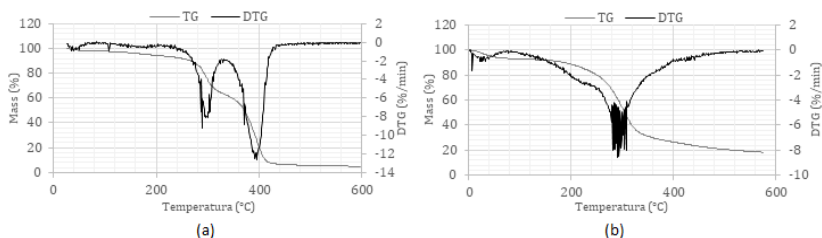


Figura 15 - Análise de TG e DTG para a mostra de PBAT/TPS: (a) sem envelhecimento; (b) com envelhecimento por radiação ultravioleta.

É possível observar que na Figura 15a, a curva de DTG apresenta dois picos que representa o TPS e o PBAT respectivamente. Já na Figura 15b, a luz UV fez com que a blenda se degradasse e apresentou um único pico.

As análises de TG das amostras retiradas a cada 5 dias da biodegradação nos dois tipos de ambiente, sem o pré-envelhecimento por UV, estão representadas na Figura 16. E as análises de TG para as amostras biodegradadas com pré-envelhecimento por luz UV estão representadas na Figura 17.

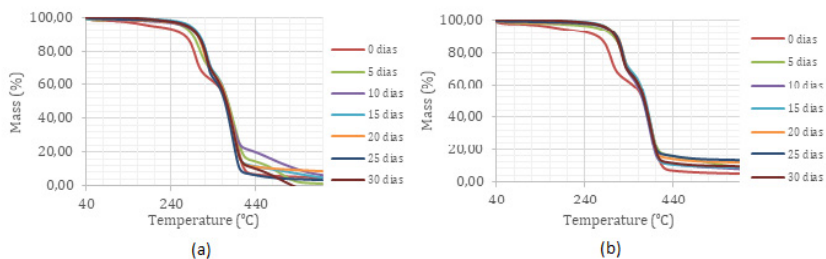


Figura 16 - Curvas de TG para as amostras sem UV biodegradadas: (a) em ambiente normal; (b) em ambiente esterilizado.

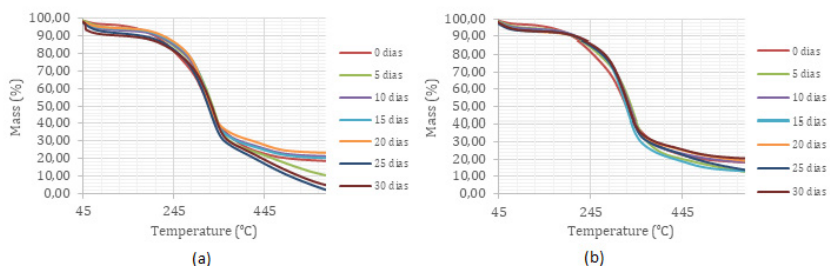


Figura 17 - Curvas de TG para as amostras com UV biodegradadas: (a) em ambiente normal; (b) em ambiente esterilizado.

É possível observar que sem o pré-envelhecimento, a perda de massa apresentou dois estágios de degradação, já as amostras com o pré-envelhecimento apresentaram um único estágio de degradação.

Os dados obtidos na análise de TG com o pré-envelhecimento por radiação ultravioleta estão representados nas Tabelas 7 e 8. Na qual é possível ver uma tendência a diminuir a temperatura de estabilização a medida em que aumenta o tempo de exposição no solo.

Solo Simulado	Sem Envelhecimento	Só UV	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias	30 Dias
T_{est} (°C)	210,8	93,7	139,8	133,6	131,1	128,1	113,0	101,5
$T_{50\%}$ (°C)	371,7	323,4	331,8	324,1	327,5	326,3	320,3	329,3
m_r (%)	4,84	18,26	9,80	21,34	20,14	23,30	0,83	4,34

Tabela 7 - Resultados da análise de TG das amostras no ambiente normal.

Solo Simulado	Sem Envelhecimento	Só UV	5 Dias	10 Dias	15 Dias	20 Dias	25 Dias	30 Dias
T _{est} (°C)	210,8	93,7	142,3	141,6	129,4	121,8	117,8	107,7
T _{50%} (°C)	371,7	323,4	333,0	330,6	321,7	327,8	327,9	328,2
m _r (%)	4,84	18,26	12,27	18,26	12,79	18,41	12,93	20,13

Tabela 8 - Resultados da análise de TG das amostras no ambiente esterilizado.

4 | CONCLUSÕES

As análises realizadas para a caracterização das amostras no período anterior afirmam que, durante a fase inicial de 1 mês, as amostras degradadas em ambiente normal e esterilizado não tiveram diferenças quanto a degradação. Ou seja, a ação dos microrganismos não teve influência significativa.

No ensaio de biodegradação, em ambiente normal durante 6 meses, a perda de massa foi a mesma apresentada no ensaio durante 1 mês. Então o tempo prolongado da exposição ao solo, nas condições desse ensaio de biodegradação, não teve influência na perda de massa da amostra. Isso nos afirma que, mesmo aumentando o tempo de exposição no solo, a ação dos microrganismos não teve influência da degradação do material. Dado a hipótese de que os microrganismos não atuaram na degradação do polímero pois estavam em um ambiente rico em nutrientes, sendo desprezível metabolização do polímero.

E para o ensaio da degradação por UV, as amostras apresentaram uma degradação quanto a coloração da mesma, de acordo com o esperado. Esse pré-envelhecimento das amostras de PBAT/TPS acelerou a biodegradação das amostras em duas vezes, visto que a perda de massa sem o pré-envelhecimento foi de 20% e com o pré-envelhecimento foi de 40% da amostra inicial. Também sendo possível avaliar pelas análises térmicas de DSC e TG, pela perda característica de transição vítrea após o pré-envelhecimento e também pela diminuição na temperatura de fusão a medida em que aumentava o tempo de exposição à biodegradação.

REFERÊNCIAS

BARDI, M. A. G.; ROSA, D. S. **Avaliação da biodegradação em solo simulado de poli(-caprolactona), acetato de celulose e suas blendas.** *Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo*, v. 26, n. 1, p. 43-47, 2007.

BARDI, M. A. G. **Avaliação do impacto ambiental gerado por tintas gráficas curadas por radiação ultravioleta ou feixe de elétrons em materiais para embalagens plásticas convencionais ou biodegradáveis pós-consumo.** Tese. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014.

BOSCARO, M. E. **Determinação de elementos químicos em plásticos biodegradáveis naturais e sintéticos.** Tese. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014.

- BROWN, M. E. **Introduction to Thermal Analysis: Techniques and Applications**. Springer Science & Business Media, 2001.
- CARDOSO, L. G.; SANTOS, J. C. P.; CAMILLOTO, G. P.; MIRANDA, A. L.; DRUZIAN, J. I.; GUIMARÃES, A. G. **Development of active films poly (butylene adipate co-terephthalate)-PBAT incorporated with oregano essential oil and application in fish fillet preservation**. *Industrial Crops and Products*, 108, 388-397, 2017.
- CHAVES DA SILVA, N. M.; CORREIA, P. R. C.; DRUZIAN, J. I.; FAKHOURI, F. M.; FIALHO, R. L. L.; ALBUQUERQUE, E. C. M. C. **PBAT/TPS Composite Films Reinforced with Starch Nanoparticles Produced by Ultrasound**. *International Journal of Polymer Science*, 2017.
- CHUAYJULJIT, S.; HOSILILAK, S.; ATHISART, A. **Thermoplastic cassava starch/sorbitol-modified montmorillonite nanocomposites blended with low density polyethylene: properties and biodegradability study**. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, v. 19, n. 1, 2017.
- DONG, W.; ZOU, B.; YAN, Y.; MA, P.; CHEN, M. **Effect of Chain-Extenders on the Properties and Hydrolytic Degradation Behavior of the Poly (lactide)/Poly (butylene adipate-co-terephthalate) Blends**. *International journal of molecular sciences*, 14(10), 20189-20203, 2013.
- FECHINE, G. J. M. **Polímeros biodegradáveis: tipos, mecanismos, normas e mercado mundial**. *SciELO-Editora Mackenzie*, 2013.
- FERRO, D. M.; JÚNIOR, Á. V.; FRONZA, N.; QUADRI, M. G. N. **Filmes de amido e polietileno: avaliação da biodegradação por via enzimática**. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v. 1, n. 2, p. 14172-14179, 2015.
- GRIMBERG, E.; PRADO, R.; LEITE, C. **I Seminário Internacional-” Oceanos livres de plásticos”**. *Unisanta BioScience*, v. 7, n. 6, p. I-II, 2018.
- HERRERA, R.; FRANCO, L.; RODRÍGUEZ-GALA'N, A.; PUIGGALI, J. **Characterization and Degradation Behavior of Poly(butylene adipate-co-terephthalate)s**. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. v. 40, p. 4141-4157, 2002.
- GUERI, M. D.; DE SOUZA, S. N. M.; KUCZMAN, O. **Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares: uma revisão**. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 1, n. 1, p. 17-25, 2017.
- ORSO, L.; VASCONCELOS, M. C.; FRANZOI, L. C. **Impactos ambientais causados pelo descarte de sacolas plásticas**. *Maiêutica-Ciências Biológicas*, v. 1, n. 1, 2014.
- PAIVA, L. O.; COUTO, L. O.; COSTA, A. C. A.; LEITE, M. C. A. M. **Degradation of polyester-based and vegetable fiber polymeric composites**. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 1(4), 98, 2015.
- PELEGRINO, A. N.; BARDI, M. **Estudo do ciclo de vida pós-consumo de materiais plásticos descartados no meio ambiente**. *Caderno PAIC*, v. 17, n. 1, p. 179-190, 2016.
- SANTOS, R. A. L.; MULLER, C. M. O.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; YAMASHITA, F. **Starch/poly (butylene adipate-co-terephthalate)/montmorillonite films produced by blow extrusion**. *Química Nova*, v. 37, n. 6, p. 937-942, 2014.
- TEE, T. T.; SIN, L. T.; GOBINATH, R.; BEE, S. T.; HUI, D.; RAHMAT, A. R.; FANG, Q. **Investigation of nano-size montmorillonite on enhancing polyvinyl alcohol-starch blends prepared via solution cast approach**. *Composites Part B: Engineering*, 47, 238-247, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 41, 63
Aguapé 180, 181, 184, 185, 187, 188, 190, 191
Águas Pluviais 176, 177, 178, 179
Amido 95, 97, 98, 99, 104, 107, 115
Auditiva 39, 40, 41, 42, 51, 52

B

Bacia hidrográfica 169, 177
Balanço hídrico 169
Biodegradação 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115
Biofiltros 183
Blenda 95, 99, 100, 102, 104, 110, 112
Buriti 137, 138, 139, 140, 141, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

C

Campo Eletromagnético 66, 67, 68, 79, 80, 81
Coliformes 180, 182, 189, 190
Computadores 27, 32, 33, 34, 35, 86
Computer 1, 2, 14, 26, 33, 37, 85
Condutividade 180, 185, 187
Contaminada 182
Corrente elétrica 61, 66, 67, 80, 81, 152, 164
COVID-19 1, 8, 9, 13

D

Dados demográficos 172
Deep Learning 2, 11, 12
Deficiência 39, 40, 41, 42, 50, 51, 52
Degradação 95, 97, 99, 100, 102, 104, 108, 109, 113, 114, 152, 155, 162, 175, 177
Dermocosméticos 138, 139, 150, 151
Desempenho 26, 29, 30, 32, 33, 34, 64, 68, 83, 88, 89, 91, 92, 93, 124, 126, 127, 184
Dinâmica Molecular 26, 27, 28, 30, 31, 34, 36

Disaggregation of loads 14, 24
Dispositivo 39, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 55
Drenagem 168, 170, 171, 172, 175, 176, 177, 178, 179

E

Embalagem 152, 154, 155, 156, 159
Emulsão 137, 142, 143, 144, 147
Estabilidade 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150
Experiências 40, 60, 64

F

Faturamento 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 64
Filtração 122, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191

H

Health 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 149, 181

I

Internet 2, 3, 5, 6, 11, 15, 25, 56, 58

M

Machine Learning 2, 10
Manufatura 83, 85, 87, 92, 93
Medidores 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64
memória 29, 31, 32, 33, 34, 35, 48
Microrreatores 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

N

Neural Networks 2, 14, 15, 24

O

Órteses 41

P

Pandemic 1, 8, 9, 10
Polímeros 97, 98, 115, 167
Processos 25, 30, 33, 34, 35, 55, 84, 85, 86, 97, 102, 116, 118, 121, 128, 132, 165, 177, 183, 192
Protótipo 39, 50, 51, 83, 86, 155, 156, 160, 165

R

Reciclagem 118, 152, 153, 154, 155, 159, 165, 166, 167

S

Saponificação 83, 88, 89, 94

Simulação 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 81, 134, 192

Smart Grid 14, 15, 24, 25, 65

T

Tecnologia assistiva 39, 40, 51

Telecommunications 1, 2, 4





Telemedicine 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

U





Urbana 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179

V

Viscosidade 137, 143, 147, 148, 149

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria