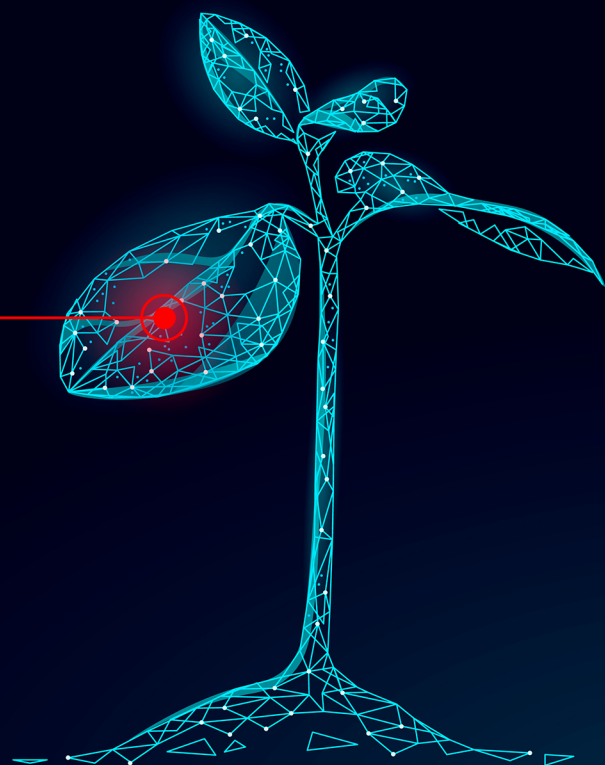
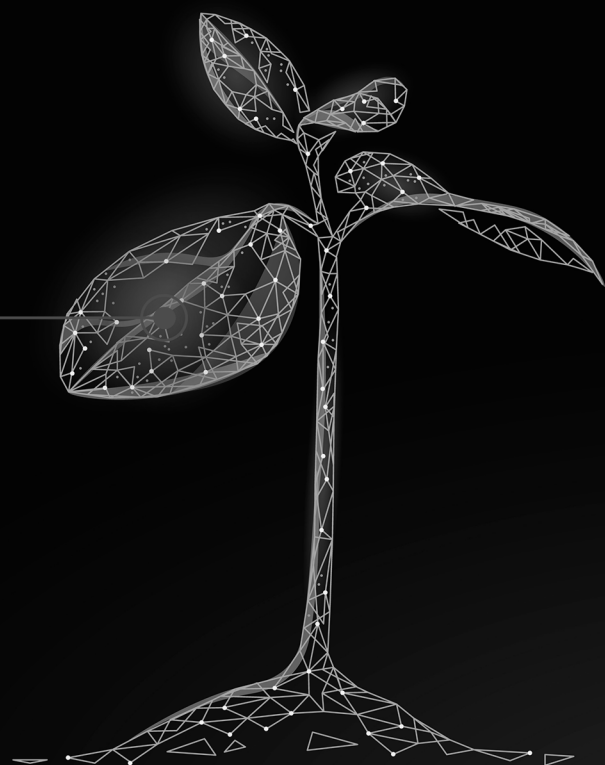


Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciência e engenharia de materiais e o desenvolvimento socioambiental [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-848-9 DOI 10.22533/at.ed.489191912</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Materiais – Análise. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11299</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Neste contexto o tema socioambiental pode ser inserido, visto que devido à redução nas disponibilidades de matérias primas, a elevação de custos de descarte dos materiais, sua reciclagem vem ganhando cada vez mais destaque a nível mundial. Hoje optar por produtos reciclados bem como sustentáveis se torna uma vitrine as vendas.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de materiais e de sustentabilidade, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se dizer que a área de reciclagem está intimamente ligada ao estudo dos materiais, para que possam ser desenvolvidas técnicas e processos para um eficiente aproveitamento.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DA ADIÇÃO DE ADITIVOS NÃO CONVENCIONAIS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS	
Antonio Dias de Lima Terceiro Neto Daniel Baracuy da Cunha Campos Francisco Humberlânio Tavares de Araújo Júlio Lopes da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.4891919121	
CAPÍTULO 2	12
ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA CONCENTRAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Thays Mabelly Bezerra e Silva Kássia Hellen Souza de Oliveira João Marcos Lima Veras Joaquim Lucas de Souza Paixão João Emmanuel Alves Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.4891919122	
CAPÍTULO 3	24
TIJOLO PRODUZIDO POR COMPÓSITO DE EXOCARPO DE LICURI FRAGMENTADO	
Bárbara Jane Martins Borges Rafael Santos de Sousa Silva Rúi Carlos de Sousa Mota	
DOI 10.22533/at.ed.4891919123	
CAPÍTULO 4	31
PRODUÇÃO DE AGREGADOS UTILIZANDO LAMA VERMELHA: O ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM	
Bruno Marques Viegas Edílson Marques Magalhães Julia Alves Rodrigues Josiel Lobato Ferreira Diego Cardoso Estumano José Antônio da Silva Souza Emanuel Negrão Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.4891919124	
CAPÍTULO 5	39
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DO RESÍDUO DE FELDSPATO COMO MATERIAL PARA CAMADAS DOS PAVIMENTOS	
Jonatas Kennedy Silva de Medeiros Larissa Santana Batista Giovanna Feitosa de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.4891919125	

CAPÍTULO 6 52

FÔRMAS: UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE FÔRMAS REVESTIDAS COM POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEDB - SACOLAS PLÁSTICAS)

Lucas Prestes Chize
Léo Jaime de Amorim e Silva
Aída Pereira Baêta
Flávia da Silva

DOI 10.22533/at.ed.4891919126

CAPÍTULO 7 61

OBTENÇÃO DE UM COPO MAIS SUSTENTÁVEL: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS E DE BIOCÓMPÓSITOS

Emília Satoshi Miyamaru Seo
Nicolle Silva da Silva
Isabella Tereza Ferro Barbosa
Alessandro Augusto Rogick Athiê
Adriano Camargo de Luca

DOI 10.22533/at.ed.4891919127

CAPÍTULO 8 74

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E RESISTÊNCIA À CHAMA DE CÓMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE LAMA VERMELHA E CAULIM

Mario Henrique Moreira de Moraes
Diogo Pontes de Queiroz
Luiz Gabriel da Silva Nascimento
José Antônio Silva Souza
Roberto Tetsuo Fujiyama
Deibson Silva da Costa

DOI 10.22533/at.ed.4891919128

CAPÍTULO 9 85

DISPERSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA SOBRE PÓ POLIMÉRICO PARA PRODUÇÃO DE FILME PLÁSTICO

Lucas Matono Casagrande
Paulo Henrique Chulis
Fabrício Antônio Moreno Zanetelli
Márcia Silva de Araújo
José Alberto Cerri

DOI 10.22533/at.ed.4891919129

CAPÍTULO 10 99

INFLUENCE OF LIGNIN CONTENT IN MACADAMIA NUTSHELL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HDPE BIOCÓMPÓSITOS

Bruno Chaboli Gambarato
Heitor Buzetti Simões Bento
Ana Karine Furtado de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.48919191210

CAPÍTULO 11 104

MÉTODOS DE SÍNTESE DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO

Jardel Meneses Rocha

Reinaldo Nascimento Morais
Fernando Pereira Lima
Tiago Linus Silva Coelho
Patrícia Santos Andrade
Angélica de Brito Sousa
Juracir Francisco de Brito
José Milton Elias de Matos

DOI 10.22533/at.ed.48919191211

CAPÍTULO 12 113

APLICAÇÕES DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO

Jardel Meneses Rocha
Reinaldo Nascimento Morais
Fernando Pereira Lima
Tiago Linus Silva Coelho
Patrícia Santos Andrade
Angélica de Brito Sousa
Juracir Francisco de Brito
José Milton Elias de Matos

DOI 10.22533/at.ed.48919191212

CAPÍTULO 13 122

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MECÂNICA E DA FRATURA DE TRILHOS PERLÍTICOS

Beatriz Seabra Melo
Vinicius Silva dos Reis
Clóvis Iarlande Oliveira Santana
Carlos Vinicius de Paes Santos
Gregory de Oliveira Miranda
Andrey Coelho das Neves
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.48919191213

CAPÍTULO 14 135

ANÁLISE DOS EFEITOS DA CORROSÃO EM ELETRODO DE ATERRAMENTO ELÉTRICO COBREADO

Walter Leandro Cordeiro da Silva Filho
Magda Rosângela Santos Vieira
Ivanilda Ramos de Melo
Roseana Florentino da Costa Pereira
Severino Leopoldino Urtiga Filho

DOI 10.22533/at.ed.48919191214

CAPÍTULO 15 145

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS GASES DE PROTEÇÃO E PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO SAE 1035 SOLDADO POR PROCESSO MAG

Perla Alves de Oliveira
Thiago Monteiro Maquiné
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima
José Costa de Macêdo Neto
Suelem de Jesus Pessoa
Efraim Ribas Linhares Bruno

Anne Gabrielle Mendes Xavier
Josiel Bruno de Oliveira
DOI 10.22533/at.ed.48919191215

CAPÍTULO 16 155

A RELAÇÃO ENTRE A LOGÍSTICA REVERSA E O *TRIPLE BOTTOM LINE* EM COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Alequexandre Galvez de Andrade
Nélio Fernando dos Reis
Jair Minoro Abe

DOI 10.22533/at.ed.48919191216

CAPÍTULO 17 165

A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E O SUBSÍDIO CRUZADO: CRÍTICA À PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DAS DIRETRIZES NACIONAIS

Joel de Jesus Macedo
Leura Lucia Conte de Oliveira
Marcus Venicio Cavassin

DOI 10.22533/at.ed.48919191217

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 185

ÍNDICE REMISSIVO 186

DISPERSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA SOBRE PÓ POLIMÉRICO PARA PRODUÇÃO DE FILME PLÁSTICO

Data de aceite: 18/11/2019

Lucas Matono Casagrande

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Mecânica
Curitiba - Paraná

Paulo Henrique Chulis

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Mecânica
Curitiba - Paraná

Fabrcio Antnio Moreno Zanetelli

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Mecânica
Curitiba - Paraná

Mrcia Silva de Araujo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Mecânica
Curitiba - Paraná

José Alberto Cerri

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curitiba - Paraná

RESUMO: Este trabalho avalia a eficiência de um aparato construído para dispersar nanopartículas de prata (NPAg) sobre pó polimérico na produção de filmes. O piezoelétrico deste aparato produz uma névoa por meio de vibrações ultrassônicas, resultando em micro gotículas da solução com NPAg dispersas, as

quais são carregadas por um fluxo contínuo de ar até o polímero. A melhor configuração apresentou eficiência próxima a 70%. Foram preparadas cinco concentrações de NPAg, entre 0,002 a 0,042 mg / mL em solução de água e álcool isopropílico, depositadas sobre o polímero em pó seco, e então, obtidos filmes plásticos por prensagem à quente a 160°C por 5 minutos. As deposições sobre o pó foram avaliadas por imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV), as quais constataram a presença das NPAg, que não causaram alteração estatisticamente significativa da resistência à tração do filme.

PALAVRAS-CHAVE:

Dispersão, nanopartículas de prata, polietileno, filme plástico

ABSTRACT: This work evaluates the efficiency of an apparatus constructed to disperse silver nanoparticles (NPAg) on polymeric powder for the production of films. The piezoelectric of this apparatus produces a mist by means of ultrasonic vibrations, resulting in micro droplets of the solution with dispersed NPAs, which are carried by a continuous flow of air to the polymer. The best configuration presented an efficiency close to 70%. Five concentrations of NPAg, 0.002 to 0.042 mg / mL in water and isopropyl alcohol solution, were deposited on the polymer powder, dried, and then plastic

films were obtained by hot pressing at 160 ° C for 5 minutes. The depositions on the powder were evaluated by scanning electron microscopy (SEM) images, which verified the presence of NPAg, that did not cause statistically significant change in the tensile strength of the film.

KEYWORDS: Dispersion, silver nanoparticles, polyethylene, plastic film.

1 | INTRODUÇÃO

Com o desafio de prolongar o tempo de prateleira (*shelf life*) dos alimentos, têm-se pesquisado as nanopartículas de prata, que liberaram íons, os quais são capazes de exterminar ou impedir a reprodução de microrganismos. Dessa forma, alguns estudos, tais como os de Assis *et al.* (2012) e Damm *et al.* (2007), focam em processos para introduzir partículas de prata na matriz polimérica das embalagens, de maneira eficiente e econômica, garantindo a preservação da integridade dos alimentos e a saúde dos consumidores.

Segundo Koo (2006), os polímeros termoplásticos com nanopartículas podem ser produzidos pelos métodos de intercalação em solução ou fusão, laminação, polimerização *in situ*, polimerização em emulsão e por meio de misturador com alta taxa de cisalhamento. Para a incorporação de nanopartículas de prata na matriz polimérica destacam-se os métodos de polimerização *in situ*, intercalação e o *layer-by-layer* (LBL). Os valores de concentração de nanopartículas de prata em filmes obtidos por diversos tipos de processamento são apresentados na Tabela 1, a qual também compara os métodos de processamento utilizados por diferentes autores.

Na polimerização *in situ* as nanopartículas são previamente dispersas em uma solução com monômeros para que em seguida ocorra a polimerização. Nessa técnica a adsorção das nanopartículas é considerada simples e controlável, porém pode ocorrer a agregação das nanopartículas (GUO *et al.*, 2013).

O método de intercalação consiste em misturar as nanopartículas com o polímero, podendo ocorrer em solução ou em fusão. No caso de mistura em solução, utiliza-se um solvente no qual o polímero seja solúvel. Com a evaporação do solvente é possível obter o filme polimérico (KANGO *et al.*, 2013).

A intercalação em fusão pode ser executada pelo processo de extrusão e não é necessário a adição de um solvente. A dificuldade do método está na efetiva dispersão das nanopartículas na matriz polimérica, devido a tendência de aglomeração (KANGO *et al.*, 2013).

O método *layer-by-layer assembly*, ou montagem camada por camada, vem se destacando na fabricação de filmes finos com multicamadas, devido à simplicidade quando comparado a outras técnicas. Geralmente, o método é cíclico e consiste na deposição de um material com carga em um substrato. Devido à força eletrostática,

o material é adsorvido pelo substrato, e depois de lavado, um material com carga elétrica oposta é depositado e adsorvido sobre a camada anterior, formando uma nova camada. O processo de deposição é repetido até que as múltiplas camadas tenham a espessura desejada do filme (RICHARDSON *et al.*, 2015).

Artigo	Fabricação do Filme	Tamanho da nanopartícula (nm)	Massa total (%)
Nanocomposites based on polyethylene and nanosilver particles produced by metallocenic “in situ” polymerization: synthesis, characterization, and antimicrobial behavior (ZAPATA <i>et al.</i> , 2011)	Polimerização <i>in situ</i>	10	5
Gamma-Irradiation modified polypropylene and nanosilver hybrid films-antibacterial activity (OLIANI <i>et al.</i> , 2014)	Intercalação em fusão	50-55	4
Study of Antibacterial Properties of Polypropylene Filled (FAGES <i>et al.</i> , 2011)	Intercalação em fusão	30-50	2
Polymer nanosilver composite coatings for antibacterial applications (GUO <i>et al.</i> , 2013)	Diversos	-	0,02
Antibacterial nanosilver coating on the surface of polyethylene films using corona discharge (SADEGHNEJAD <i>et al.</i> , 2014)	<i>Layer-by-layer</i>	50	-
Surfaces modified with nanometer-thick silver-impregnated polymeric films that kill bacteria but support growth of mammalian cells (AGARWAL <i>et al.</i> , 2010)	<i>Layer-by-layer</i>	-	0,02
Effects of a combination of antimicrobial silver low density polyethylene nanocomposite films and modified atmosphere packaging on the shelf life of chicken breast fillets (AZLIN-HASIM <i>et al.</i> , 2015)	Intercalação em fusão	-	0,5-1
Stabilized nanosilver based antimicrobial poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) nanocomposites of interest in active food packaging (CASTRO-MAYORGA <i>et al.</i> , 2015)	Intercalação em fusão	41-50	0,04

Tabela 1 - Tipos de processamento e concentração mássica de nanopartículas de prata utilizados em pesquisas

A incorporação de nanopartículas de prata na matriz polimérica pode ser realizada por intercalação em fusão, o qual utiliza o processo de extrusão. Contudo, ocorre aglomeração significativa das nanopartículas, afetando o desempenho do filme. Para contornar esse problema, é proposto neste trabalho a construção de um dispositivo para atomizar uma solução de nanopartículas dispersas em uma mistura

de álcool isopropílico e água sobre o polímero em pó antes do seu processamento, com o intuito de melhorar a homogeneização no filme polimérico.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O polímero utilizado foi o polietileno de baixa densidade (PEBD) G803 fabricado pela Politeño Ind. e Com. S/A e micronizado pela TRM Resinas Termoplásticas Ind. e Com. Ltda. As principais características são: índice de fluidez de 28,0 g / 10min (ASTM D-1238), densidade aparente de 0,918 g / cm³ (ASTM D-1835); tamanho médio de partículas de 500 µm (ASTM D-1291) e, fluidez seca de 24 expressa em 100 g/s (ISQ 4.10.11).

As NPAg foram produzidas no laboratório FotoNanoBio pelos professores Jorge Alberto Lenz e Arandi Ginane Bezerra Junior do DAFIS da UTFPR, pelo método de ablação à laser e depositadas em solução aquosa. O volume fornecido foi de 210 mL, com as seguintes características (Figura 1): concentração de 0,01 mg / mL e tamanho médio das partículas de 14 nm.

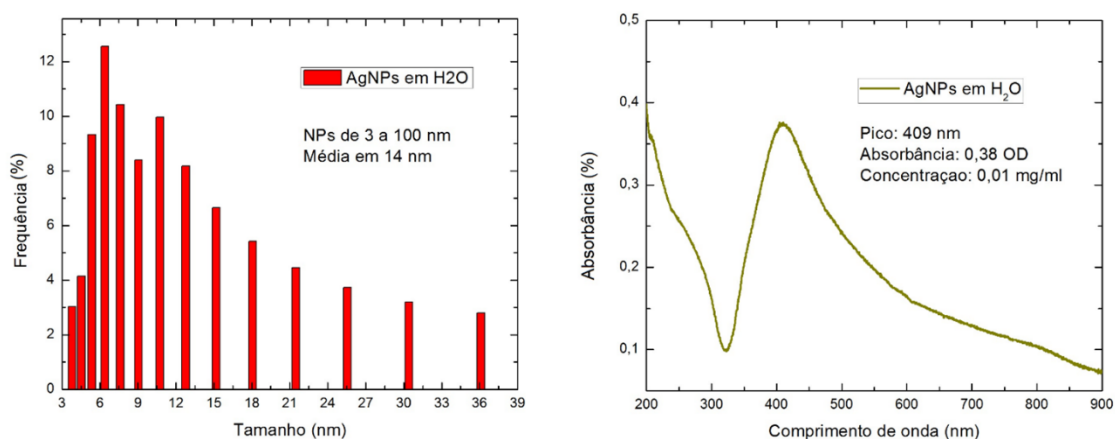


Figura 1 - Caracterização das NPAg, sendo (a) tamanho médio das nanopartículas e (b) comprimento de onda e concentração da solução para determinação da concentração

Fonte: Professor Jorge Alberto Lenz

O primeiro procedimento foi manter a solução de NPAg em repouso a temperatura de 60 °C por 50 horas para reduzir o volume total da solução de 210 mL para 45 mL. As soluções foram preparadas por diluição em álcool isopropílico e as concentrações estão indicadas na Tabela 2.

Solução	Volume da solução mãe de NPAg (mL)	Volume Álcool Isopropílico (mL)	Concentração de NPAg na solução final (mg/mL)	Quantidade de NPAg (mg)
1	20	5	0,034	0,84
2	10	15	0,017	0,42
3	5	20	0,008	0,21
4	2,5	22,5	0,004	0,11
5	1,25	23,75	0,002	0,05
6	11,25	0	0,042	0,47

Tabela 2 - Características das soluções utilizadas nas dispersões

O dispositivo de dispersão construído utilizou para a dispersão um nebulizador a ar comprimido da marca NS, modelo Inalar Compact, com as seguintes características: vazão volumétrica de 0,40 mL / min, capacidade do reservatório de 15 mL, pressão de trabalho de 1,15 atm e, método de nebulização por bomba de ar acoplada a um micro nebulizador.

Em todas as dispersões foram utilizados aproximadamente 18 g de polietileno em pó. Este procedimento durou entre 60 e 100 minutos, variando devido às diferentes proporções água / álcool isopropílico das soluções. Após a solução esgotar completamente do reservatório, a peneira com abertura de 100 μ m, contendo o pó foi levada a estufa para secar a 60°C durante 24 horas.

O nebulizador utilizado no dispositivo de dispersão das NPAg é projetado para funcionar com água e esta não pode estar presente no pó de PEBD durante a fabricação do filme, seja por prejudicar a qualidade do produto ou por causar danos a extrusora. Dessa forma foi proposto utilizar álcool isopropílico como meio dispersante, pois a rápida evaporação agilizaria o processo. Para tanto, fez-se necessário avaliar o comportamento do nebulizador, no qual foram realizados 11 testes com diferentes concentrações da mistura água-álcool isopropílico sem NPAg. Foi usado 10 mL de solução no reservatório do nebulizador, ligou-se o inalador por 3 minutos e, a massa antes e depois do ensaio do reservatório foi medida.

Na sequência foram feitos testes em diferentes montagens do dispositivo de dispersão, usando soluções sem NPAg. A eficiência do dispositivo foi calculada pela diferença de massa. Após a avaliação do protótipo e seus aprimoramentos até a configuração considerada ideal, sem vazamentos visíveis e sem exalar odor de álcool isopropílico, foram realizadas as dispersões das soluções com nanopartículas de prata. Em todas as dispersões foram utilizados aproximadamente 18 g de polietileno em pó.

Para obtenção dos filmes foi usada uma prensa quente (Carver, modelo 4122). Os parâmetros utilizados na produção dos filmes foram: 160 °C, 1,8 toneladas, 5

minutos de prensagem e, 10 minutos de resfriamento.

Foram realizados ensaio de resistência à tração em todos os filmes produzidos, seguindo os critérios da norma ASTM D882 - 18. Foi utilizada a máquina universal de ensaios (EMIC DL10000). Para cada filme foram utilizadas 5 amostras, medindo 10 mm de largura por 90 mm de comprimento. A velocidade do ensaio foi de 50 mm / min, e a força foi medida por uma célula de carga de 2 kN, com precisão de 0,1 N.

A caracterização microestrutural foi realizada em um microscópio óptico (Olympus, modelo BX51), e analisada por meio do software ImagePro-Plus®. Para resoluções maiores foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (Carl Zeiss, modelo EVO MA15).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho foi dividido em algumas etapas: teste do nebulizador com soluções de água e álcool isopropílico; teste do dispositivo de dispersão com soluções; dispersão de solução contendo NPAg; verificação da deposição por análise de microscopia óptica e eletrônica de varredura; produção de filmes por compressão, e ; ensaio mecânico do filme de PEBD e NPAg.

3.1 Dispositivo de dispersão

Na primeira etapa dos resultados é apresentado o teste de funcionamento do nebulizador, utilizando solução alcoólica. A Tabela 3 apresenta os resultados dos testes.

Pode-se observar que aumentando a concentração de álcool na solução, a taxa de nebulização também aumentou, devido principalmente a menor densidade do álcool. Esse fator é um ponto positivo para o dispositivo, pois ao se adicionar álcool, o tempo diminui necessário para nebulizar um mesmo volume de solução de NPAg.

Observou-se que aumentando a concentração de álcool na mistura, a taxa de nebulização também aumentava, devido principalmente a menor densidade do álcool comparado à da água. Esse fator é um ponto positivo para o dispositivo, pois diminui o tempo necessário para nebulizar um mesmo volume de solução de NPAg.

Solução	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Taxa de Nebulização (mL/min)
100% Água	9,954	8,844	0,372
90% Água - 10% Álcool	9,728	8,132	0,547
80% Água - 20% Álcool	9,469	7,566	0,670
70% Água - 30% Álcool	9,201	7,258	0,704

60% Água - 40% Álcool	9,084	7,014	0,760
50% Água - 50% Álcool	8,772	6,614	0,820
40% Água - 60% Álcool	8,529	6,367	0,845
30% Água - 70% Álcool	8,363	6,234	0,849
20% Água - 80% Álcool	8,094	5,999	0,863
10% Água - 90% Álcool	7,969	5,595	0,993
100% Álcool	7,761	5,252	1,078

Tabela 3 - Taxa de nebulização para diferentes concentrações de água-álcool

Devido à baixa concentração e quantidade de solução mãe das nanopartículas de prata em água, buscou-se melhorar ao máximo a eficiência do dispositivo, para que isso ocorresse foram realizados os testes de dispersão no polímero em pó utilizando soluções sem nanopartículas. Após cada teste foram realizadas novas modificações no dispositivo com objetivo de reduzir vazamentos e melhorar a dispersão das soluções.

No total foram realizados 27 testes de dispersão com diferentes configurações e modificações no dispositivo, porém muitos destes tiveram resultados semelhantes e por esta razão apenas os testes com mudanças significativas na eficiência do dispositivo foram discutidos.

No primeiro teste realizado foi utilizada uma vasilha plástica com vedação na tampa, resultando em uma eficiência muito baixa. Outros testes foram realizados com a aplicação de silicone e fita veda rosca, porém os vazamentos continuaram e a eficiência do dispositivo continuava baixa. Por isso foi necessário a mudança para uma vasilha de vidro com uma melhor vedação, conforme mostra o segundo teste da Tabela 4, houve uma leve melhora na adsorção do polímero e uma grande redução nos vazamentos, aumentando consideravelmente a eficiência do dispositivo.

Porém mesmo com a mudança da vasilha os vazamentos continuaram devido ao aumento de pressão ocasionado pelo acúmulo de ar do compressor do nebulizador. A solução encontrada foi realizar a nebulização de maneira intermitente, ligando e desligando o inalador a cada 10 segundos, Teste 3. Apesar de a nebulização intermitente melhorar a eficiência do dispositivo, esta não era prática por ser realizada manualmente e pequenos vazamentos continuarem, além da automação ser custosa

Teste	Solução	Tempo (min)	Massa Solução (g)	Adsorção pelo polímero (%)	Eficiência Dispositivo (%)
1	Água	25	9,800	8,4	18,1
2	50% Água / 50% Álcool	10	7,889	11,2	42,9
3	50% Água / 50% Álcool	24	8,677	17,5	45,3
4	20 % Água / 5% Álcool	20	9,358	20,3	59,6

5	20 % Água / 5% Álcool	14	9,832	26,1	55,1
6	20 % Água / 5% Álcool	31	11,333	49,0	68,4
7	20 % Água / 5% Álcool	23	9,762	33,3	58,5
8	20 % Água / 5% Álcool	85	24,168	43,5	66,5
9	20 % Água / 5% Álcool	93	24,149	48,5	69,5

Tabela 4 – Resultados mais relevantes dos testes realizados

Assim, focou-se na diminuição de vazamentos e aumento da área de contato do polímero. O quarto teste da Tabela 4 foi obtido ao utilizar uma grande quantidade de silicone em todos os lugares possíveis do dispositivo e o quinto consistiu no aumento das dimensões da peneira utilizada.

Entretanto, ainda ocorria o acúmulo de pressão na vasilha e, a solução para isso foi desmontar o inalador para realizar modificações de modo a torná-lo um sistema fechado com recirculação. Dessa forma, mangueiras de retorno foram posicionadas acima (Teste 6) e abaixo (Teste 7) da peneira, sendo a primeira configuração escolhida devido aos melhores resultados obtidos.

Por fim, os dois últimos testes realizados foram feitos para verificar a repetitividade do processo, utilizando a mesma configuração do sexto teste, porém com uma quantidade de 25 mL de solução, como nos testes com NPAg. A configuração final do dispositivo pode ser vista na Figura 2 à esquerda e o detalhe da base vibratória na mesma Figura à direita.

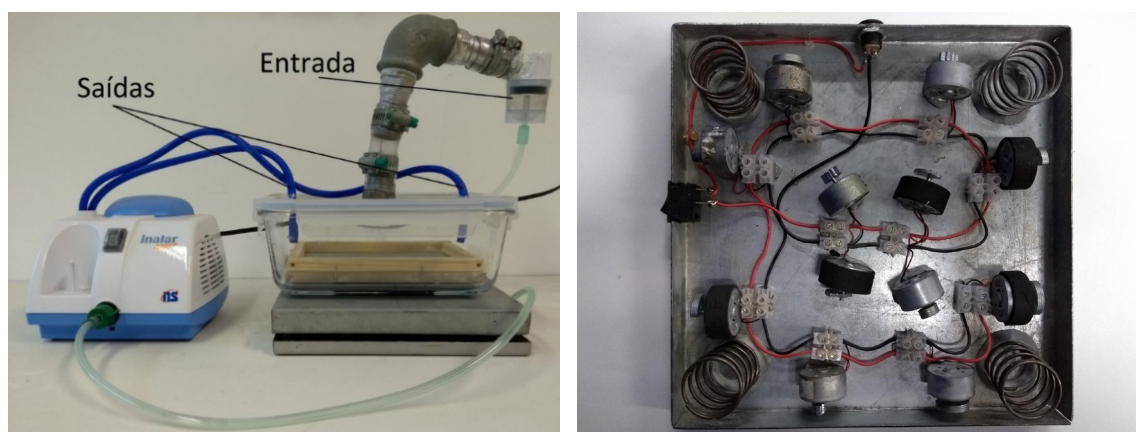


Figura 2 - Dispositivo de dispersão com o nebulizador a câmara de deposição à esquerda e detalhe da base vibratória com seus motores à direita

Importante ressaltar que os valores da eficiência do dispositivo servem apenas para mostrar que as mudanças realizadas no protótipo resultaram em melhorias, pois em algumas configurações não foi possível medir o acúmulo de solução devido a sua geometria.

3.2 Análise por microscopia

A solução mãe de partículas de prata com 0,042 mg / mL foi analisada ao microscópio óptico e a micrografia pode ser visualizada na Figura 3. Mesmo com o baixo poder de ampliação do microscópio óptico se comparado com o MEV, foi possível visualizar pequenas partículas, sendo as maiores com dimensões de aproximadamente 12 μm .

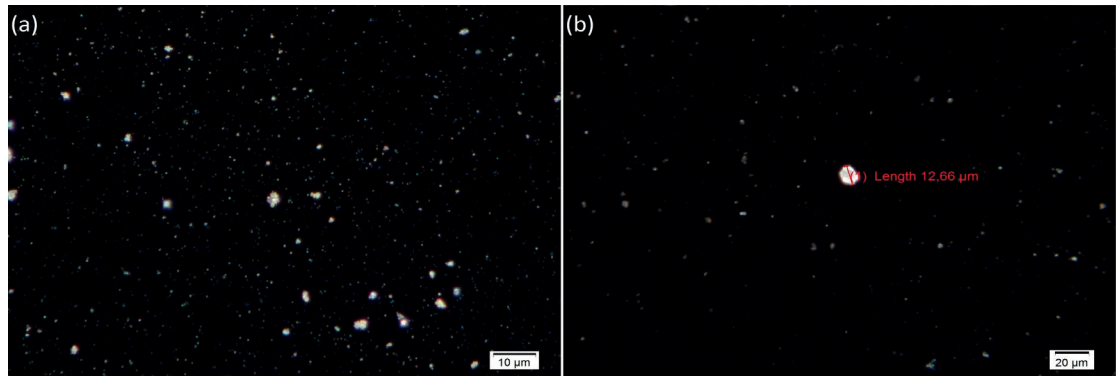


Figura 3 - Micrografia da solução mãe de NPAg com aumento de (a) 100x e (b) 40x

Uma possível explicação para a presença de partículas desse tamanho foi a falta de um agente dispersante na solução fornecida, que evitaria a aglomeração das nanopartículas com o passar do tempo, outra explicação possível seria a aglomeração das nanopartículas durante a secagem.

A detecção de prata no polímero é de grande importância na validação da eficácia do dispositivo. Dada a escala das nanopartículas, foi necessário utilizar a microscopia eletrônica de varredura para verificar a presença ou não da prata nanométrica. Neste estudo foram analisadas a solução concentrada e o PEBD em pó com deposição de soluções com diferentes concentrações de NPAg.

A primeira análise foi feita sobre a solução de NPAg (Figura 4). Por meio da espectroscopia de energia dispersiva (EDS), foi observada a ocorrência de prata, assim como de outros metais, como o magnésio, o alumínio e o ouro (Tabela 4). Esses outros metais estão presentes devido o processo de análise utilizar um suporte de alumínio e deposição de ouro.

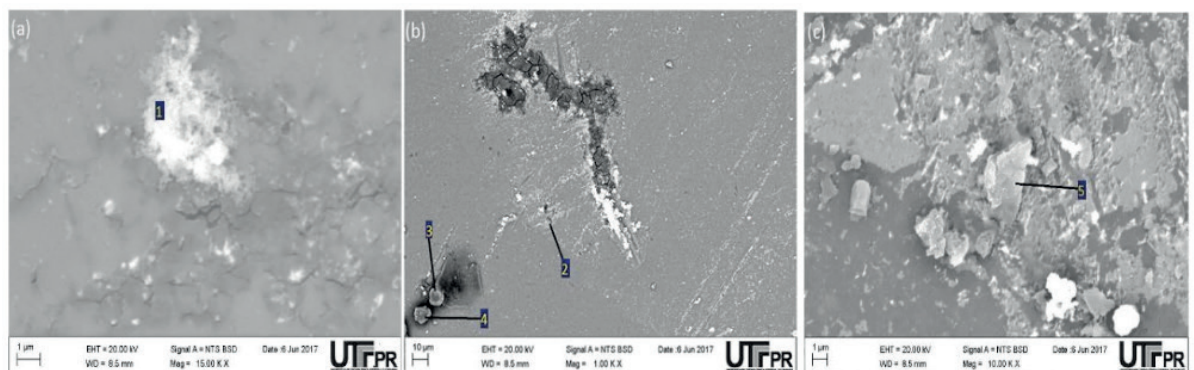


Figura 4 - Micrografias da solução mãe de NPAg

Composição Química (% em massa)									
Ponto	C	O	Mg	Al	Si	Cl	Ag	Au	Total
1	20,97	9,03	2,31	41,38	0,65	1,07	24,59	-	100,00
2	-	12,02	4,35	83,20	-	-	0,43	-	100,00
3	62,34	23,00	0,91	13,62	-	-	0,13	-	100,00
4	58,90	20,82	1,17	18,91	-	-	0,20	-	100,00
5	-	24,64	2,54	52,56	-	0,29	0,44	19,53	100,00

Tabela 4 - Composição química da solução mãe de prata analisada sobre as diversas regiões marcadas na Figura 4

A segunda análise foi realizada no PEBD em pó, após ser feita a dispersão pelo dispositivo. Nas micrografias da Figura 5 foram realizadas análises em EDS e foi possível observar a presença de NPAg, um indicativo de que o dispositivo foi eficaz em transportar a prata nanométrica do reservatório até o polímero.

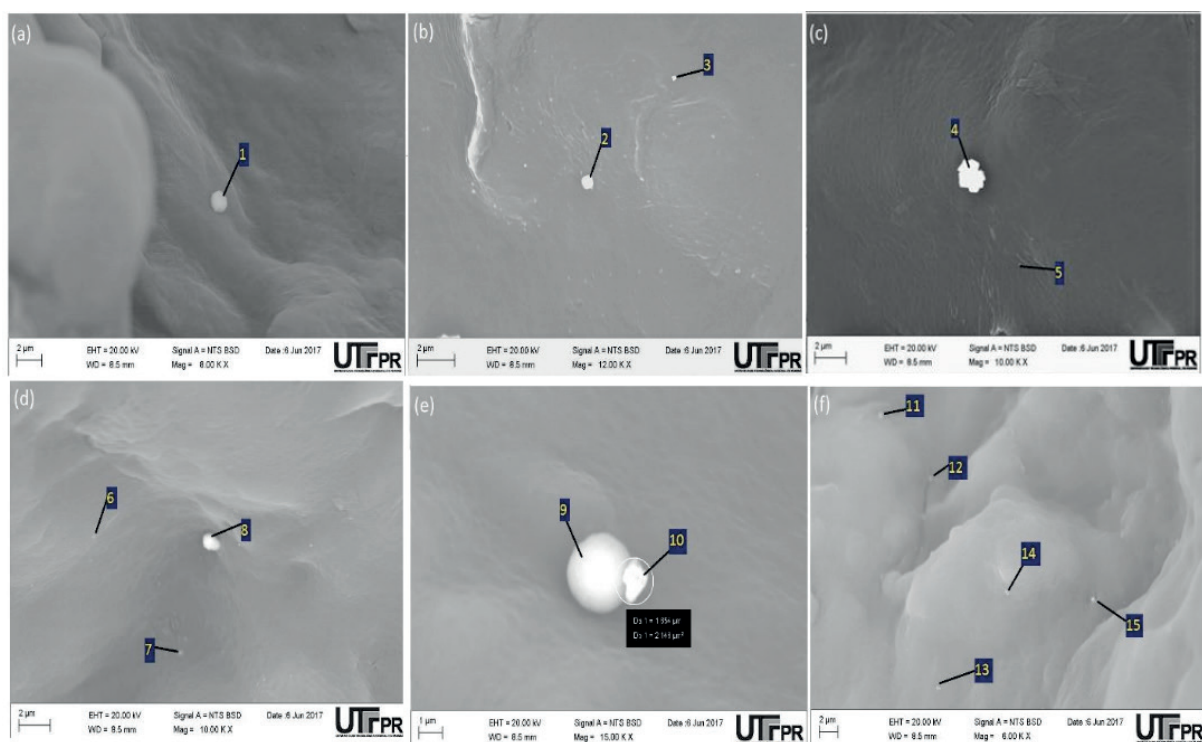


Figura 5 - Micrografias do polímero em pó com dispersão de solução: (a) 2,5 mL; (b) 5 mL; (c) 10 mL; (d) 10 mL; (e) 20 mL; (f) 20 mL

A Tabela 5 indica a composição química nos pontos analisados. Nela é possível verificar que os pontos 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 15 apresentam porcentagem significativa de prata.

Composição Química (% em massa)										
Ponto	C	O	Mg	Al	Cl	Zn	Mn	Fe	Ag	Total
1	36,44	2,18	0,26	0,98	5,22	-	-	-	54,92	100,00
2	83,97	2,88	-	0,16	1,45	-	-	-	11,54	100,00

3	94,05	-	-	-	1,02	-	-	-	4,93	100,00
4	67,94	4,72	-	-	2,26	-	-	-	25,08	100,00
5	93,27	6,14	-	-	-	0,24	-	-	0,35	100,00
6	92,16	-	-	0,25	-	-	-	-	7,59	100,00
7	92,15	3,44	-	-	0,86	-	-	-	3,55	100,00
8	-	-	-	1,15	8,77	-	-	-	90,08	100,00
9	28,64	38,78	-	0,20	-	-	0,28	31,63	0,47	100,00
10	58,17	11,99	-	0,20	2,18	-	-	7,54	19,92	100,00
11	97,77	-	-	-	0,31	-	-	-	1,92	100,00
12	93,96	-	-	-	0,75	-	-	-	5,29	100,00
13	99,38	-	-	-	-	-	-	-	0,62	100,00
14	97,60	-	-	0,14	0,16	-	-	-	2,10	100,00
15	88,02	-	-	-	1,20	-	-	-	10,78	100,00

Tabela 5 - Caracterização química do pó impregnado com NPAg

Apesar de ter sido detectada prata na maioria das amostras, exceto na de 1,25 mL da solução mãe, não foi possível medir a dispersão quantitativamente, pois a quantidade de pó polimérico analisada no MEV era pequena se comparada com a quantidade produzida. Porém, durante a análise foi possível perceber que quanto maior a concentração da solução, mais fácil era a visualização da prata.

3.3 Ensaio de resistência à tração dos filmes

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados os resultados de resistência à tração e deformação máxima, respectivamente. Nessas Tabelas, letras iguais correspondem a filmes com comportamentos mecânicos semelhantes de acordo com o teste t de *Student* a um nível de 5% de nível de significância.

Pode-se concluir com base nos testes de comparação de *t-Student* que não foi possível observar diferença de resistência à tração entre as amostras com NPAg, e somente as composições 3, 4 e 5 apresentaram resistência estatisticamente inferior ao filme sem NPAg.

Filme	Volume da solução concentrada de NPAg (mL)	Resistência à tração dos corpos de prova (MPa)					Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
		1	2	3	4	5		
1 ^a	0	8,07	8,14	8,24	7,48	8,05	8,00	0,298
2 ^{ab}	1,25	7,93	7,86	7,26	7,03	6,40	7,30	0,631
3 ^b	2,5	6,59	6,76	6,31	7,61	7,40	6,93	0,550
4 ^b	5	7,70	7,82	7,08	6,90	6,41	7,18	0,583
5 ^b	10	6,77	7,62	7,32	7,90	7,30	7,38	0,421
6 ^{ab}	20	7,92	7,59	7,14	7,30	8,09	7,61	0,401

Tabela 6 - Resultados de tensão com base no ensaio de tração dos filmes

Filme	Volume da solução concentrada de NPAg (mL)	Deformação Máxima do Corpo de Prova (mm)					Média (mm)	Desvio Padrão (mm)
		1	2	3	4	5		
1 ^a	0	46,34	57,88	103,38	38,38	63,2	61,84	25,168
2 ^a	1,25	44,93	52,52	58,55	44,74	44,36	49,02	6,321
3 ^a	2,5	19,41	32,32	104,52	35,53	33,91	45,14	33,804
4 ^a	5	37,43	35,47	37,55	78,64	56,61	49,14	18,604
5 ^a	10	21,97	22,53	65,01	75,26	29,06	42,77	25,399
6 ^a	20	23,16	32,55	40,86	63,62	93,43	50,72	28,185

Tabela 7 - Resultados de deformação máxima com base no ensaio de tração dos filmes

Os resultados de deformação apresentados na Tabela 7 são considerados semelhantes, ou seja, que nenhum dos filmes apresentou diferença estatística significativa em relação aos outros.

As variações encontradas na resistência à tração podem ser resultado do modo de preparar das amostras, uma vez que na preparação do corpo de prova, o instrumento de corte insere microfissuras nas bordas, estas atuam como concentradores de tensão e acabam por facilitar o surgimento da trinca na amostra e o conseqüente rompimento prematuro.

4 | CONCLUSÕES

O propósito central deste estudo voltou-se para a construção de um dispositivo capaz de dispersar homogeneamente nanopartículas de prata em pó polimérico, logo pode-se afirmar, pela análise dos resultados, que tal objetivo foi alcançado. Com base na Tabela 4 afirma-se que após diversos testes e configurações utilizados no dispositivo a eficiência mínima calculada foi de 69,5%, considerada aceitável para o primeiro protótipo. Tal valor é dito mínimo, pois ao tornar o sistema recirculante, não foi mais possível aferir a massa da névoa que se depositava nas mangueiras de retorno.

Analisando os resultados das microscopias realizadas por MEV, concluiu-se que o dispositivo foi eficaz em transportar as NPAg da solução para o pó polimérico. A baixa quantidade do material no filme deve-se principalmente à natureza das soluções fornecidas, que apresentam uma concentração de 1% daquela considerada ideal de 1 mg/mL, baseada em pesquisas similares.

Nos ensaios mecânicos também não foi possível identificar a influência das concentrações das soluções de nanopartículas sobre as propriedades do filme.

AGRADECIMENTOS

Aos Profs. Jorge Alberto Lenz e Arandi Ginane Bezerra Junior do laboratório FotoNanoBio do DAFIS da UTFPR.

Ao Técnico Alexandre José Gonçalves do laboratório CMCM da UTFPR pela análise ao MEV.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A.; WEIS, T. L.; SCHURR, M. J.; FAITH, N. G.; CZUPRYNSKI, C. J.; McANULTY, J. F.; MURPHY, C. J.; ABBOTT, N. L. Surfaces modified with nanometer-thick silver-impregnated polymeric films that kill bacteria but support growth of mammalian cells. **Biomaterials**, v. 31, n. 4, p. 680-690, 2010.

ASSIS, L. M. D.; ZAVAREZE, E. D. R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; SOARES, L. A. D. S. Revisão: características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 99-109, jun., 2012.

AZLIN-HASIM, S.; CRUZ-ROMERO, M. C.; MORRIS, M. A.; CUMMINS, E.; KERRY, J. P. Effects of a combination of antimicrobial silver low density polyethylene nanocomposite films and modified atmosphere packaging on the shelf life of chicken breast fillets. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 4, p. 26-35, 2015.

CASTRO-MAYORGA, J. L.; FABRA, M. J.; LAGARON, J. M. Stabilized nanosilver based antimicrobial poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) nanocomposites of interest in active food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2015.

DAMM, C.; MÜNSTEDT, H.; RÖSCH, A. Long-term antimicrobial polyamide 6 / silver-nanocomposites. **Journal of Materials Science**, v. 42, n. 15, p. 6067-6073, abr., 2007.

FAGES, E.; PASCUAL, J.; FENOLLAR, O.; GARCÍA-SANOQUERA, D.; BALART, R. Study of antibacterial properties of polypropylene filled with surfactant-coated silver nanoparticles. **Polymer Engineering & Science**, v. 51, n. 4, p. 804-811, 2011.

GUO, L.; YUAN, W.; LU, Z.; LI, C. M. Polymer nanosilver composite coatings for antibacterial applications. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 439, p. 69-83, dez., 2013.

KANGO, S.; KALIA, S.; CELLI, A.; NIJUGUNA, J.; HABIBI, Y.; KUMAR, R. Surface modification of inorganic nanoparticles for development of organic-inorganic nanocomposites - A review. **Progress in Polymer Science**, v. 38, n. 8, p. 1232-1261, ago. 2013.

KOO, J. H. **Polymer Nanocomposites: processing, characterization, and applications**. Nova York: McGraw-Hill, 2006.

OLIANI, W. L.; ALCANTARA, M. T.; LIMA, L. F. C. P.; BUENO, N. R.; HUENUMA, N. E. L.; ROGERO, S. O.; RIELLA, H.; LUGAO, A. B.; PARRA, D. F. Gamma-irradiation modified polypropylene and nanosilver hybrid films-antibacterial activity. **International Nuclear Atlantic Conference**. p. 11-19, 2014.

SADEGHNEJAD, A.; AROUJALIAN, A.; RAISI, A.; FAZEL, S. Antibacterial nano silver coating on the surface of polyethylene films using corona discharge. **Surface and Coatings Technology**, v. 245, p. 1-8, 2014.

RICHARDSON, J. J.; BJÖRNMALM, M.; CARUSO, F. Technology-driven layer-by-layer assembly of nanofilms. **Science**, v. 342, n. 6233, p. 2491, abr. 2015.

ZAPATA, P. A.; TAMAYO, L.; PÁEZ, M.; CERDA, E.; AZÓCAR, I.; RABGLIATI, F. M. Nanocomposites based on polyethylene and nanosilver particles produced by metallocenic “in situ” polymerization: synthesis, characterization, and antimicrobial behavior. **European Polymer Journal**, v. 47, n. 8, p. 1541-1549, 2011.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acesso ao saneamento 168
Aditivos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14
Agregado leve 31, 34, 37, 38
Análise da fratura 122, 126, 130
Análise de variância 99
Aplicações biomédicas 113, 119
Argamassas 1, 2, 3, 4, 10, 11

B

Baterias de lítio 106, 113, 118
Biomassa 99

C

Características 3, 29, 32, 38, 39, 42, 45, 46, 47, 56, 61, 64, 65, 74, 83, 84, 88, 89, 97, 110, 118, 122, 127, 128, 129, 134, 136, 146, 147, 150, 151, 153, 164, 168
Caulim 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84
Células combustível 113
Compensado 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 170
Compósito 20, 24, 25, 61, 75, 76, 77, 79, 80, 84
Compósitos 22, 24, 29, 30, 63, 64, 72, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 84, 99, 119, 135
Concreto de alta resistência 12, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23
Cooperativas 155, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 164
Corrosão 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 185
Cristalização hidrotérmica 104

D

Dispersão 82, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 94, 95

E

Economia solidária 155, 162, 163, 164

F

Fadiga 122, 124, 129, 134
Fibra de polipropileno 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22
Fibras de cana-de-açúcar 61
Fibras de côco verde 61
Filme plástico 85
Fôrmas 52, 54, 58, 60
Fotocatálise 113, 114

I

Instalações elétricas 135, 144

italic 105

L

Lama vermelha 31, 32, 33, 34, 37, 38, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84

Licuri 24, 25, 26, 29, 30

M

Marco regulatório do saneamento 165, 166, 181, 183

Materiais conjugados 74

Materiais de construção 1, 2, 11

Mercerização 61, 65, 66, 67, 68, 71

Microemulsão 104

Mineração 32, 39, 40, 41, 43, 46, 47, 50, 75, 84

N

Nanoestruturas de titânio 113

Nanopartículas de prata 85, 86, 87, 89, 91, 96

P

Pavimentação 39, 40, 41, 42, 47, 48, 50, 51

Polietileno 52, 53, 54, 55, 61, 64, 65, 66, 72, 85, 88, 89

Propriedades mecânicas 12, 14, 15, 19, 20, 22, 64, 81, 82, 83, 99, 124, 132, 134, 147, 148, 151, 152, 153

R

Resina poliéster 74

Resistência à compressão 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22, 61, 64

Resistência à compressão diametral 12, 20

Riscos do fim do subsídio 166

S

Sacolas plásticas 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60

Secagem 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 66, 76, 93, 105, 107, 117

Síntese TiO₂ nanoestruturado 104

Sistemas de aterramento 135, 136, 144

Slump test 12, 13, 18

Sobrecarga 21, 122

Sol-gel 104, 105, 111, 112

Subsídio cruzado 165, 166, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182

Substituto 52

Sustentabilidade 2, 25, 39, 53, 61, 155, 156, 159, 160, 161, 163, 164, 169

T

Técnicas eletroquímicas 135, 144

Tijolo 24, 25, 26, 28, 29

Trilho ferroviário 122

Triple bottom line 155, 156, 157, 159

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-848-9



9 788572 478489