



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 2

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora
2019

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

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
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. 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.^a Dr.^a 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
CAPÍTULO 2	15
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
CAPÍTULO 3	24
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
CAPÍTULO 4	35
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
CAPÍTULO 5	49
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
CAPÍTULO 6	59
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

CAPÍTULO 7	68
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite	
Marcos Vinícius Cândido Henriques	
DOI 10.22533/at.ed.64819103097	
CAPÍTULO 8	78
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.64819103098	
CAPÍTULO 9	86
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves	
Luiz Fernando Gonçalves Pereira	
Letícia Lopes Alves	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
Daniel Rodrigues Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.64819103099	
CAPÍTULO 10	94
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
Taynara Mara Vieira	
Rodinei Augusti	
Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel	
Ana Cláudia Bernardes Silva	
Cristiane Medina Finzi Quintão	
DOI 10.22533/at.ed.648191030910	
CAPÍTULO 11	105
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Williams da Siva Ribeiro	
Manoel Leão Lopes Junior	
Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Fabiane da Trindade Pinto	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Haroldo da Silva Ripardo Filho	
Carlos Vinicius Machado Miranda	
Jéssica de Souza Viana	
DOI 10.22533/at.ed.648191030911	

CAPÍTULO 12 116

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva
Vanessa Borges Vieira
Aline Aparecida Carvalho França
Talita Teixeira da Silva
Mayrla Letícia Alves de Oliveira
Roberta Yonara Nascimento Reis
Maria de Sousa Santos Bezerra
Fabiana Matos de Oliveira
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Francielle Aline Martins

DOI 10.22533/at.ed.648191030912

CAPÍTULO 13 128

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Rafaella Costa Bonugli-Santos
Felipe Justiniano Pinto
Daniele da Luz Silva
Ana Letícia Fernandes
Renato Malveira Carreiro do Nascimento
Mariana Gabriely da Silva Menezes

DOI 10.22533/at.ed.648191030913

CAPÍTULO 14 138

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz
Bruno Borsatti Chagas

DOI 10.22533/at.ed.648191030914

CAPÍTULO 15 144

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Luanda Ferreira Floro da Silva
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.648191030915

CAPÍTULO 16 157

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão
Alfredo Quaresma da Silva Neto
Maria Aurora Santos da Mota

DOI 10.22533/at.ed.648191030916

CAPÍTULO 17 170

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva
Joyce Kelly do Rosário da Silva
Rosa Helena Veras Mourão
José Guilherme Soares Maia
Pablo Luis Baia Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.648191030917

CAPÍTULO 18 182

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos
Rafael Marcus Schwabe

DOI 10.22533/at.ed.648191030918

CAPÍTULO 19 195

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Rosemeire dos Santos Almeida
Ivanei Ferreira Pinheiro
Karen Segala
Walter Ricardo Brito
Marcos Akira d'Ávila

DOI 10.22533/at.ed.648191030919

CAPÍTULO 20 204

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel
Ricardo Alves Maurício
Clédson Lucena de Araújo
Fiana Raissa Coelho Pereira
Eduardo Maurício Gadelha
Geovanna Maria Andrade de Oliveira
Lígia Raquel Rodrigues Santos
Matheus Monteiro da Silva
Raniere Fernandes Costa
Walesca Ferreira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.648191030920

CAPÍTULO 21 214

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni^{II}(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)₂] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva
Yan Fraga da Silva
Manoel Henrique dos Santos Galvão
Thais Teixeira da Silva
Sâmia Dantas Braga
Maria das Dores Alves de Oliveira
Juliana Pereira da Silva
Cristina Vidal da Silva Neta
João Clécio Alves Pereira
Geraldo Eduardo da Luz Júnior
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior
Nouga Cardoso Batista

DOI 10.22533/at.ed.648191030921

CAPÍTULO 22 228

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva
Kelly das Graças Fernandes Dantas

DOI 10.22533/at.ed.648191030922

CAPÍTULO 23 241

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos
Elza Brandão Santana
Rafael Alves do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Lênio José Guerreiro de Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.648191030923

CAPÍTULO 24 254

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.648191030924

CAPÍTULO 25 268

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira
Fernando Lopes Santana
Mario Luiz Pereira Souza
Renan Zuba Parrela
Saulo Fernando dos Santos Vidal

DOI 10.22533/at.ed.648191030925

CAPÍTULO 26	280
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
DOI 10.22533/at.ed.648191030926	
CAPÍTULO 27	286
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
DOI 10.22533/at.ed.648191030927	
CAPÍTULO 28	296
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.648191030928	
CAPÍTULO 29	303
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
DOI 10.22533/at.ed.648191030929	
CAPÍTULO 30	316
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.648191030930	

CAPÍTULO 31	323
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
Lucilaine Goin Abitante	
Máriele Josiane Fuchs	
Elizângela Weber	
Cláudia Maria Costa Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.648191030931	
CAPÍTULO 32	335
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
Claudiany Calaça de Sousa	
Ennio Willian Lima Silva	
DOI 10.22533/at.ed.648191030932	
CAPÍTULO 33	352
COMPUTATIONAL METHOD H_{∞} APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
Rildenir Silva	
Ivanildo Abreu	
Cristovam Filho	
DOI 10.22533/at.ed.648191030933	
CAPÍTULO 34	363
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
Roberto Ananias Ribeiro	
Fernanda Barbosa Damaceno	
DOI 10.22533/at.ed.648191030934	
CAPÍTULO 35	374
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
Aline Estefany Brandão Lima	
Roberta Yonara Nascimento Reis	
Maria Joseíta dos Santos Costa	
João Paulo Carvalho Moura	
Luis Jefferson da Silva	
Reginaldo da Silva Santos	
Laécio Santos Cavalcante	
Elson Longo da Silva	
Geraldo Eduardo da Luz Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.648191030935	
SOBRE O ORGANIZADOR	384
ÍNDICE REMISSIVO	385

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*Copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

Universidade Estadual de Campinas,
Departamento de Engenharia de Manufatura e
Materiais.
Campinas - SP

Maria Oneide Silva de Moraes

Universidade Federal do Amazonas,
Departamento de Química.
Manaus – AM

Tainah Vasconcelos Pessoa

Instituto Federal do Amazonas, Departamento
Acadêmico de Processos Industriais.
Manaus – AM

Rosemeire dos Santos Almeida

Faculdade de Tecnologia Mecânica de Mauá,
Departamento de Fabricação Mecânica.
Mauá – SP

Ivanei Ferreira Pinheiro

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Engenharia Química.
Campinas - SP

Karen Segala

Universidade Federal do Amazonas,
Departamento de Química.
Manaus – AM

Walter Ricardo Brito

Universidade Federal do Amazonas,
Departamento de Química.
Manaus – AM

Marcos Akira d'Ávila

Universidade Estadual de Campinas,
Departamento de Engenharia de Manufatura e

Materiais.
Campinas – SP

RESUMO: Os polímeros biodegradáveis apresentam várias aplicações devido às suas propriedades de biocompatibilidade e de biodegradação. A PCL é um polímero biodegradável e tem sido bastante utilizada na produção de fibras produzidas pelo processo de eletrofiação. O óleo de copaíba (OC) ou óleo-resina de copaíba é extraído da árvore copaíba (*Copaifera*), seu uso é popularmente conhecido devido suas excelentes propriedades medicinais. Foram preparadas e caracterizadas fibras de PCL com diferentes concentrações de OC (0,1; 0,4; 0,7; 1;10 e 25%wt). As membranas receberam caracterizações morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV), química por espectroscopia FTIR e molhabilidade. Foi possível eletrofiar todas as concentrações utilizadas, o uso excessivo de óleo não impediu a formação das fibras. As concentrações 10 e 25%wt de OC atribuíram à membrana aspecto oleoso.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrofiação; PCL; Óleo de copaíba (*Copaifera Spp*).

DEVELOPMENT OF A BIODEGRADABLE MEMBRANE CONTAINING COPAÍBA OIL (*Copaifera Spp*) OBTAINED BY ELECTROSPINNING

ABSTRACT: The biodegradable polymers have many applications due to their properties of biocompatibility and biodegradation. PCL is a biodegradable polymer and has used widely in the production of fibers produced by the electrospinning process. Copaiba oil (CO) or copaiba oil-resin extracted from the Copaiba tree (*Copaifera*), popularly known the use because of its excellent medicinal properties. PCL fibers with different concentrations of CO (0.1, 0.4, 0.7, 1, 10 and 25% wt) were prepared and characterized. Membranes have been submitting to morphological characterization by scanning electron microscopy (SEM), chemical by FTIR spectroscopy and wettability. It was possible to obtain fibers with all the concentrations used; the excessive use of oil did not prevent the formation of the fibers. Concentrations 10 and 25 wt% of CO attributed to the oily membrane appearance.

KEYWORDS: Electrospinning; PCL; Copaíba oil (*Copaifera Spp*).

1 | INTRODUÇÃO

Os polímeros biodegradáveis apresentam várias aplicações devido às suas propriedades de biocompatibilidade e de biodegradação, os polímeros biodegradáveis mais utilizados são poli (3-hidroxibutirato) (PHB), poli (ácido láctico) (PLA), acetato de celulose (AC), poli (ϵ -caprolactona) (PCL) e outros (MALIKMAMMADOV et al., 2017; GUARINO et al., 2017).

A PCL pertence à classe de poliésteres alifáticos, semicristalino, levemente hidrofóbico, apresenta boas propriedades mecânicas e afinidade de mistura com outros polímeros (GUARINO et al., 2017). A PCL tem sido bastante utilizada na produção de fibras, obtidas pelo processo de eletrofiação⁽³⁾. A incorporação de nanopartículas, fármacos e extratos vegetais conferem às fibras propriedades interessantes que podem ser aplicadas em sensores, biosensores, farmacologia e engenharia tecidual (AZIMI et al., 2014; ZHANG, RONCA & MELE, 2017).

O óleo de copaíba (OC) ou óleo-resina de copaíba é extraído da árvore copaíba (*Copaifera*) encontrada nas regiões tropical América Latina e na África Ocidental. O OC é utilizado popularmente na cicatrização de feridas, tratamento de hemorroidas, como anti-inflamatório, diurético, expectorante, antimicrobiano, nas afecções de garganta, reumatismo, disenterias e gonorreia (CARDOSO, 2015).

O objetivo deste trabalho é desenvolver membranas de PCL com diferentes concentrações óleo de copaíba por eletrofiação e realizar caracterizações morfológica e química e, estudos de molhabilidade.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Utilizou-se poli (ϵ -caprolactona) (PCL, MM = 80.000 g/mol) fornecido pelo Sigma Aldrich, Óleo de copaíba (*Copaifera Spp*) (OC) fornecido pela HERBRAM – Matérias primas da Amazônia Ltda, Clorofórmio (99% de pureza) fornecido pela Biotec e Acetona (99,5% de pureza) fornecida pela Synth. Todos os produtos foram utilizados como recebidos.

2.2 Preparo das soluções e Eletrofiação

Foi preparada uma solução de PCL utilizando clorofórmio e acetona. Primeiramente, misturou-se os solventes na proporção de 1:1 em massa dentro de um frasco, a mistura recebeu agitação mecânica de 15 minutos em um agitador magnético (NOVA Instruments, NI 1107). Em seguida, acrescentou-se 13,6% de PCL (*pellets*) na mistura de solventes. A agitação mecânica foi 16hrs. O óleo de copaíba foi acrescentado em diferentes concentrações na solução de PCL tais como 0,1; 0,4; 0,7; 1; 10 e 25wt%, as soluções receberam agitação mecânica de 40 minutos.

As soluções foram introduzidas em uma seringa descartável de polietileno da marca SR, em seguida a seringa foi colocada sobre a bomba de infusão altamente sensível (SAMTRONIC, ST670) responsável por controlar uma vazão conhecida em ml/h (Q). Foi conectado na seringa um capilar metálico com diâmetro conhecido ($\varnothing_{\text{capilar}}$) e o anteparo foi um coletor rotativo de alumínio aterrado com rotação (n) constante. A distância entre a ponta do capilar metálico e o coletor rotativo (dT) foi mantido fixo. Foi utilizada uma fonte de alta tensão (3AS Engenharias) com capacidade máxima de $V = 30\text{kV}$. O eletrodo positivo da fonte de alta tensão foi conectado na ponta da agulha enquanto que o negativo foi conectado no coletor rotativo. A tabela 1 mostra os valores dos parâmetros utilizados durante a produção das membranas sem e com a adição de OC. Os valores foram mantidos fixos para todas as concentrações de OC.

Parâmetros importantes	
Parâmetros de Processo	Dados
Q (ml/h)	8
dT (mm)	180
$\varnothing_{\text{capilar}}$ (mm)	0,8
n (RPM)	450
V (kV)	15-18*
Parâmetros Ambientais	Dados
T (°C)	24 \pm 1,5
U (%)	51 \pm 1,2

Tabela 1. Parâmetros registrados ou estabelecidos durante a produção das membranas sem e com OC.

2.3 Equipamentos de caracterizações

A caracterização morfológica foi feita por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (ZEISS, Evo MA-15). As amostras foram revestidas com uma fina camada de ouro por um sputter (BAL TEC, CPD 050).

O software *ImageJ* (versão gratuita) foi utilizado para a obtenção das medidas dos diâmetros das fibras. As medidas foram obtidas manualmente em diferentes regiões para cada imagem micrográfica de MEV. Os valores dos diâmetros das fibras foram representados em valores médios e desvios padrões ($DM \pm DP$).

As membranas eletrofiadas receberam caracterização química por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) (NICOMET, IR 200) com 32 varreduras na faixa de 400 à 4000 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} . As amostras foram preparadas utilizando pastilha de brometo de potássio (KBr).

O estudo da molhabilidade foi feito com água deionizada. Utilizou-se um microscópio digital (DINO – lite plus) com capacidade de ampliação de 1000X. Colocou-se uma gota de água deionizada de 10 μL sobre a superfície das amostras, então o comportamento da gota de água foi observado por 120 segundos à temperatura ambiente. As medidas do ângulo de contato foram obtidas com o auxílio do software *ImageJ*.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra as imagens de MEV e o estudo de molhabilidade das membranas de PCL sem e com OC. As micrografias estão em diferentes magnitudes (500X e 5000X) e as escalas de 20 μm e 2 μm estão apresentadas nas imagens.

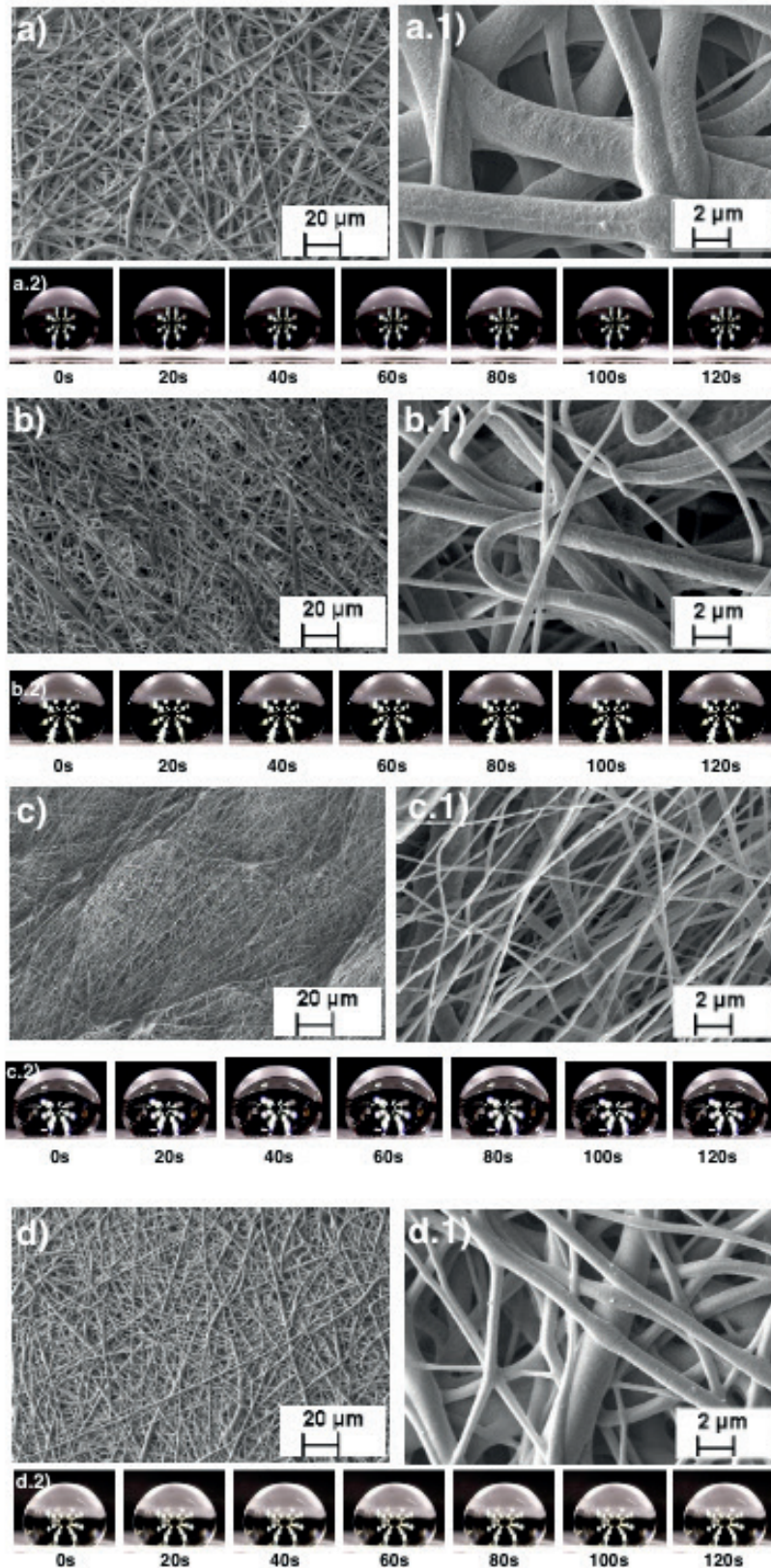
O diâmetro médio e desvio padrão das fibras de PCL foi de $4,19 \pm 2,18 \mu\text{m}$. A adição da concentração de 0,1%wt resultou na diminuição dos diâmetros para $1,31 \pm 0,45 \mu\text{m}$. O aumento da concentração de OC para 0,4, 0,7 e 1%wt apresentaram diâmetros de $1,89 \pm 0,85$, $1,84 \pm 1,10$ e $1,87 \pm 1,32 \mu\text{m}$, respectivamente. Este resultado mostra que houve melhoras na uniformidade nos diâmetros devido ao uso do OC. As membranas com concentrações de 10 e 25%wt de OC apresentaram diâmetros de $2,21 \pm 1,12$ e $2,98 \pm 1,57 \mu\text{m}$, respectivamente. O aumento nos diâmetros das fibras está relacionado com o aumento da concentração do OC.

As Figuras 1a, 1a.1, 1b, 1b.1, 1c, 1c.1, 1d, 1d.1, 1e, 1e.1, 1f, 1f.1, 1g e 1g.1 mostram as morfologias das membranas com diferentes concentrações de OC. Observou-se mudanças nas características estruturais das fibras, a adição do OC com concentrações de 0,1, 0,4, 0,7 e 1%wt melhoraram a uniformidade dos diâmetros das fibras apresentando valores de desvios padrões menores, quando comparado com o valor do desvio padrão das fibras sem OC. Enquanto que as

fibras com concentrações maiores de OC (10 e 25%wt) apresentaram espessuras maiores em seus diâmetros. Além disso, o comportamento aleatório das fibras foi predominante em todas as membranas sem e com OC. Este comportamento é típico em membranas produzidas em coletores rotativos com rotações baixas (SEGUNDO, 2015).

As membranas com as concentrações de 10 e 25wt% de OC apresentaram aspecto oleoso, podendo observar, visualmente, o excesso de OC nas membranas, entretanto, elevada concentração de OC não impediu a obtenção das fibras.

As Figuras 1a.2, 1b.2, 1c.2, 1d.2, 1e.2, 1f.2, 1g.2 mostram os testes de molhabilidade nas membranas com as concentrações de 0, 0,1, 0,4, 0,7, 1, 10 e 25%wt de OC, respectivamente. A membrana de PCL sem OC apresentou comportamento hidrofóbico com $\theta = 142 \pm 0,3^\circ$, este resultado é característico do que é reportado na literatura (SEGUNDO, 2015). As membranas com as concentrações OC de 0,1; 0,4; 0,7; 1 e 10 e 25 %wt apresentaram ângulo de contato de $131 \pm 0,5^\circ$, $127 \pm 0,3^\circ$; $127 \pm 0,2^\circ$; $128 \pm 0,3^\circ$; $124 \pm 0,2^\circ$ e $95 \pm 0,5^\circ$, respectivamente. Em todos os casos, as membranas apresentaram comportamento hidrofóbico e não foi observado nenhum espalhamento da gota sobre as superfícies, entretanto, com a concentração de 25%wt de OC, o ângulo de contato apresentou uma redução significativa para $\theta = 95 \pm 0,5^\circ$ quando comparado com a membrana sem OC. A adição do óleo de copaíba na membrana de PCL alterou a molhabilidade das membranas que pode estar relacionada com mudanças superficiais das fibras.



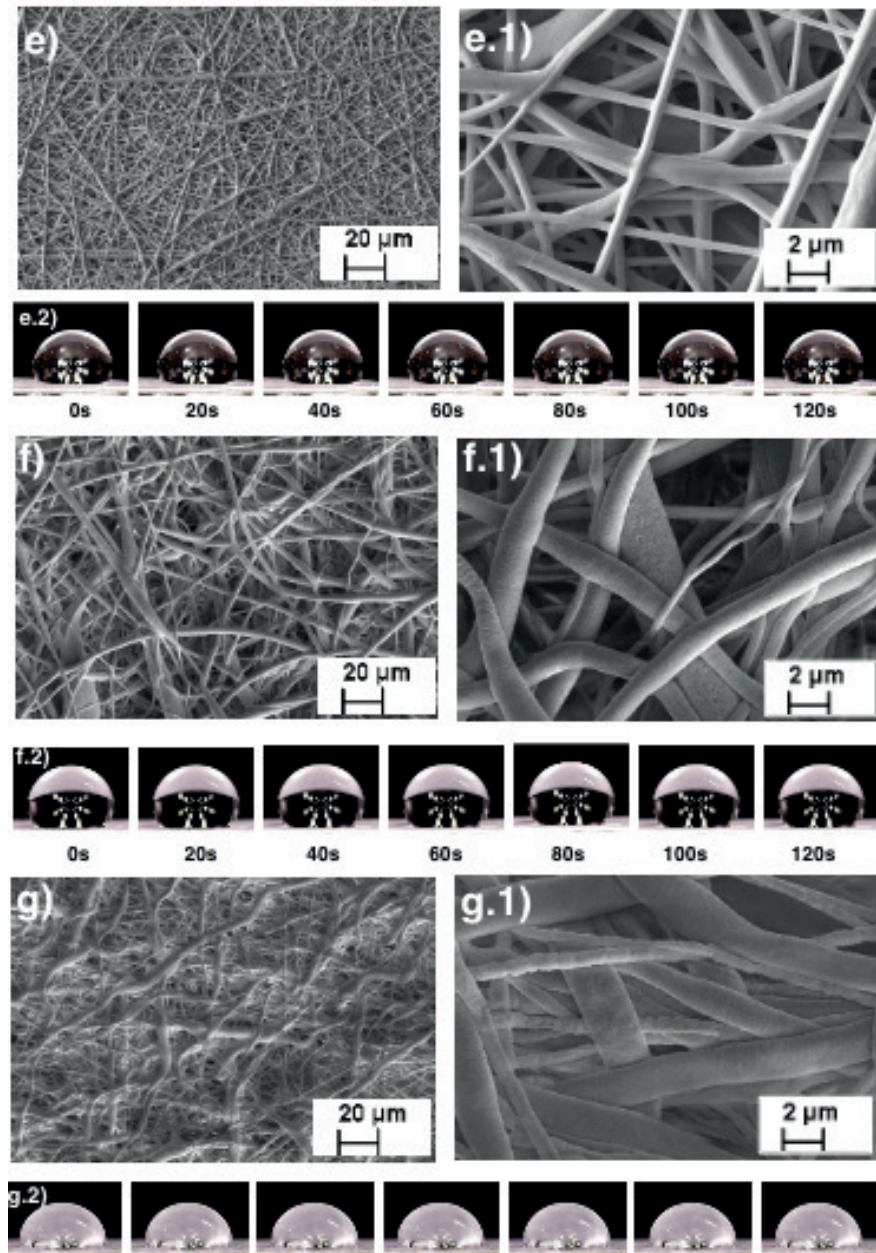


Figura 1. Imagens micrográficas de MEV em e estudo de molhabilidade das membranas de PCL com e sem OC. a) Membrana de PCL, b) 0,1; c) 0,4; d) 0,7; e) 1; f) 5; g) 10 e h) 25wt% de OA, respectivamente.

Foi realizada a caracterização química da PCL quanto aos modos vibracionais associadas as bandas presentes no espectro de FTIR. Na Figura 2, foram encontradas as bandas vibracionais em $2945,86$, $2870,50$ e $1724,88$ cm^{-1} que correspondem ao estiramento assimétrico de CH_2 , simétrico de CH_2 e carbonila ($\text{C}=\text{O}$), respectivamente. A banda vibracional em 1293 cm^{-1} corresponde aos estiramentos de $\text{C}-\text{C}$ e $\text{C}-\text{O}$ que ocorrem na fase cristalina, enquanto que a banda vibracional em 1110 cm^{-1} corresponde aos estiramentos de $\text{C}-\text{C}$ e $\text{C}-\text{O}$ associados à fase amorfa da PCL. Os estiramentos, assimétrico e simétrico da ligação $\text{C}-\text{O}-\text{C}$, também foram observados nas bandas vibracionais em $1239,69$ e $1167,14$ cm^{-1} , respectivamente. As bandas vibracionais observadas neste trabalho estão de acordo a literatura (GURLEK et al., 2017).

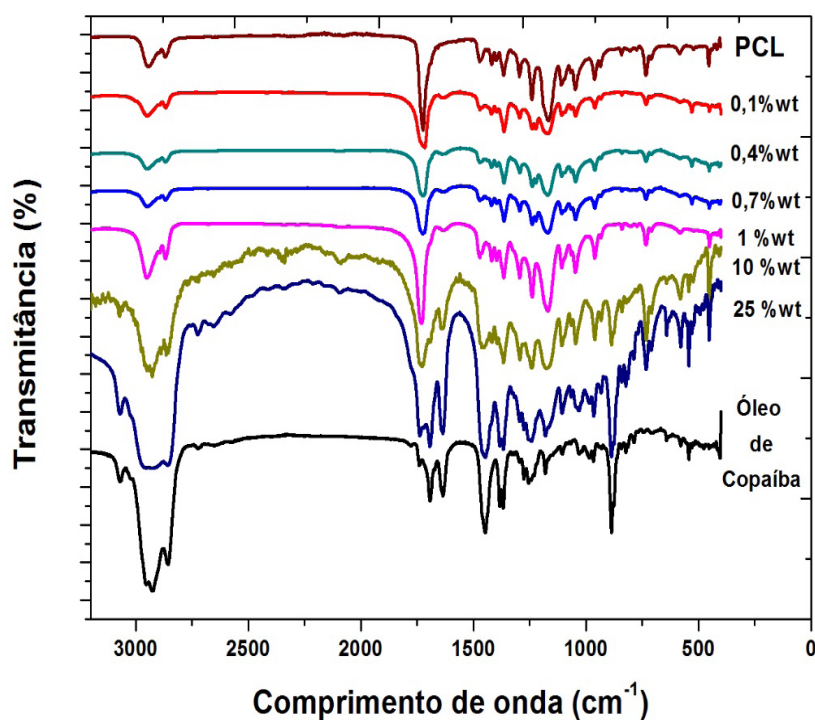


Figure 2. Espectros de FTIR da PCL, óleo de copaíba puro e das membranas de PCL com diferentes concentrações de OC.

No espectro FTIR do óleo de copaíba, pode-se identificar os principais picos nas posições em $885,44\text{ cm}^{-1}$ atribuídos aos C=O ésteres, $1376,68\text{ cm}^{-1}$ atribuído a C_2H , 1420 cm^{-1} e 1376 cm^{-1} atribuído a C-O, 1750 cm^{-1} atribuído ao ácido carboxílico e 2921 cm^{-1} atribuídos aos -CH alifáticos. A posição da banda vibracional em 3070 cm^{-1} está associada ao estiramento de $=\text{C}-\text{H}_{(\text{trans})}$, assim como os modos vibracionais em 2930 e 2852 cm^{-1} que correspondem aos estiramentos de CH_3 e CH_2 , respectivamente (ALMEIDA, 2014).

Na Figura 2 é mostrado os espectros de FTIR das membranas eletrofiadas de PCL com diferentes concentrações do OC. De forma geral, a intensidade das bandas vibracionais das membranas eletrofiadas aumentam à medida que as concentrações de OC aumentam. Os espectros de FTIR para as membranas com concentrações de 0,1 até 25%wt de OC apresentam uma banda vibracional em torno de 1630 cm^{-1} atribuída ao estiramento de $=\text{C}-\text{H}$ (trans) pertencente ao OC em que foi observado um aumento gradual de intensidade. Além disso, foi possível observar as sobreposições de bandas dos espectros de PCL e do OC, indicando uma boa incorporação do OC nas fibras da membrana de PCL.

4 | CONCLUSÃO

Foi possível incorporar o óleo de copaíba em diferentes concentrações (0,1; 0,4; 0,7; 1; 10 e 25%wt) nas fibras de PCL. Concentrações de 10 e 25%wt atribuíram as

membranas aspecto oleoso, mas não impediram a formação das fibras. As imagens de MEV mostraram a morfologia das fibras e mudanças nos diâmetros médios. A composição química das membranas foi confirmada por FTIR e o ângulo de contato acusou claramente, possíveis mudanças superficiais nas fibras com a adição do OC.

5 | AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são para Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Laboratório Temático de Microscopia Óptica e Eletrônica (LTMOE).

REFERÊNCIA

ALMEIDA, J. B. **Desenvolvimento de Filme Magnético Utilizando Maguemita Recoberta com Óleo de Copaíba**. 2014, 94p. Dissertação (Mestrado em Nanociência e Nanotecnologia) - Universidade de Brasília - UnB. BRASÍLIA.

AZIMI, B.; PARVIZ N.; MOHAMMAD R.; SHAHRAM A. **Poly (ϵ -caprolactone) Fiber: An Overview**. Journal of engineered fibers. v.9, n. 3, p.74-90, 2014.

ZHANG, W.; RONCA, S.; & MELE, E. **Review: Electrospun Nanofibres Containing Antimicrobial Plant Extracts**. Nanomaterials.v.7. n.42, (2017).

CARDOSO, Anne Caroline Andrade. **Desenvolvimento de nanopartículas lipídicas sólidas contendo óleo de copaíba (*Copaifera spp.*) e avaliação da atividade cicatrizante in vivo**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2015.

GUARINO, V.; CRUZ-MAYA, L.; ALTOBELLI, R.; ABDUL KHODIR, W. K.; AMBROSIO, L.; ALVAREZ PÉREZ, M. A.; FLORES, A. A. **Electrospun polycaprolactone nanofibres decorated by drug loaded chitosan nano-reservoirs for antibacterial treatments**. Nanotechnology. v.28, n.50, p.505103, 2017.

GURLEK, A.C.; SEVINC, B.; BAYRAK, E.; ERISKEN, C. **Synthesis and characterization of polycaprolactone for anterior cruciate ligament regeneration**. Materials Science and Engineering C. v.71.820–826, (2017).

MALIKMAMMADOV, E.; TANIR, T. E.; KIZILTAY, A.; HASIRCI, V.; HASIRCI, N. **PCL and PCL-based materials in biomedical applications**. Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition, v.29, n.7-9, p.863–893, 2017.

SEGUNDO, J. D. P. M. **Influência da adição de surfactantes em fibras altamente alinhadas de poli(caprolactona) obtidas por eletrofição**. 2015, 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP/SP. SÃO PAULO.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

K

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

L

Lama abrasiva 59, 60

M

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

N

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

O

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

P

Polimerização Radicalar 215

R

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

S

Smart Cities 280

T

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-641-6

