

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares: 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: Geraldo Alves
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	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-587-7 DOI 10.22533/at.ed.877190309 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 21 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais.

O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, em seu primeiro volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*”, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que - inclusive - sempre caracterizou

as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ONDULAÇÃO GEOIDAL NA MEDIÇÃO DE PONTOS SOBRE A SUPERFÍCIE FÍSICA	
Plinio Temba Júlia Couto Nogueira Vitoria Ellen da Silva Oliveira Marcelo Antonio Nero Marcos Antonio Timbó Elmiro Sandra Cristina Deodoro Daniel Henrique Carneiro Salim	
DOI 10.22533/at.ed.8771903091	
CAPÍTULO 2	14
INTERVENÇÃO DIDÁTICA NAS AULAS DE FÍSICA: EXPERIMENTO SOBRE ESPELHOS PLANOS E ÓPTICA GEOMÉTRICA	
Adriane Beatriz Liscano Janisch Karin Ritter Jelinek Alana Amaral Rotter	
DOI 10.22533/at.ed.8771903092	
CAPÍTULO 3	19
A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ECLIPSES E ESTAÇÕES DO ANO NO ENSINO MÉDIO	
Arilson Paganotti Marcos Rincon Voelzke Graciene Carvalho Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.8771903093	
CAPÍTULO 4	29
AS NOÇÕES BÁSICAS DE GEOMETRIA ESPACIAL X ORIGAMIS MODULARES VISTOS SOBRE O CONTEXTO DA SALA DE AULA DE TEMPO INTEGRAL	
José Erildo Lopes Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8771903094	
CAPÍTULO 5	41
O ENSINO DE MATEMÁTICA NA EJA: A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E AS PRÁTICAS	
Janaina da Conceição Martins Silva Cibele Paula Silva Marta Aparecida Quintiliano Rabelo Vânia Lúcia Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.8771903095	
CAPÍTULO 6	51
PROPORÇÕES ENTRE PRODUTOS EXPONENCIAIS	
Guilherme Cavichiolo Moreira Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.8771903096	

CAPÍTULO 7 63

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE DISSIPADORES DE CALOR PARA FONTES LED RGB POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Thiago Lopes Quevedo
Filipe Melo Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.8771903097

CAPÍTULO 8 76

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS HIDROTALCITAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO MODIFICADAS COM FERRO (III) E CRÔMIO (III) SINTETIZADAS PELO MÉTODO DA PRECIPITAÇÃO POR HIDRÓXIDOS

Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Jusinei Meireles Stropa
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.8771903098

CAPÍTULO 9 88

CATALISADORES DE ARGILA BENTONÍTICA NA35 PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Alan Gabriel Adamczewski
Edson Cezar Grzebielucka
Eder Carlos Ferreira de Souza
Maria Elena Payret Arrúa
André Vitor Chaves de Andrade
Sandra Regina Masetto Antunes

DOI 10.22533/at.ed.8771903099

CAPÍTULO 10 101

EMBALAGENS: UM ESTUDO DE CASO DA SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SABONETES

Caroline de Souza Rodrigues
Carolina Laguna Pimenta
Laís Cabrerizo Vargas de Almeida
Marcos Vinícius Pereira da Costa
Sara Rudek
Raquel Teixeira Campos

DOI 10.22533/at.ed.87719030910

CAPÍTULO 11 108

ESTUDOS DOS PROCESSOS CORROSIVOS DO ALUMÍNIO AA 3003 EM MEIO DE ETANOL E GASOLINA

Mayara Soares
Carine Vieira
Cynthia Beatriz Fürstenberger
Danielle Borges
Danielle Cristina Silva Olizeski
Felipe Staciaki da Luz
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.87719030911

CAPÍTULO 12 120

EXTRAÇÃO, ANÁLISE E ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE OBTENÇÃO DE ERGOSTEROL EM RESÍDUOS DE *Ganoderma lucidum* (FR.) KRAST (GANODERMATACEAE)

Bianca de Araujo Ribeiro Rodrigues
Marcelo Telascrêa
Raquel Teixeira Campos
Oswaldo Luiz Gonçalves da Cunha
Márcia Ortiz Mayo Marques

DOI 10.22533/at.ed.87719030912

CAPÍTULO 13 132

FABRICAÇÃO DE SENSOR DE GÁS AMÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELETROFIAÇÃO DE POLÍMEROS CONDUTORES EM MATRIZES ISOLANTES

Deuber Lincon da Silva Agostini
André Antunes da Silva
Bruno Henrique de Santana Gois
Jessyka Carolina Bittencourt
Clarissa de Almeida Olivati
Pedro Leonardo Silva
Vagner dos Santos
Wilson Silva Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.87719030913

CAPÍTULO 14 142

INVESTIGAÇÃO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO ESTABILIZADO COM ZIRCÔNIO E SILÍCIO COMO MATRIZ PARA NOVOS DOPANTES

Natali Amarante da Cruz
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Silvanice Aparecida Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030914

CAPÍTULO 15 154

MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRA DE CAPIM CAPETA: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Edil Silva de Vilhena
Edielson Silva de Vilhena
Rodrigo da Silva Magalhães Dias
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.87719030915

CAPÍTULO 16 167

MICROBALANÇA DE CRISTAL DE QUARTZO NO MONITORAMENTO DE REAÇÕES EM TEMPO-REAL

Cesar Augusto Tischer
Gina Alejandra Gil Giraldo

DOI 10.22533/at.ed.87719030916

CAPÍTULO 17 180

PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UMA PLANTA INTEGRADA DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Rafael Rodrigues Gomes
Diego Martinez Prata
Lizandro de Sousa Santos

DOI 10.22533/at.ed.87719030917

CAPÍTULO 18 193

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE BLENDA DE POLI(CAPROLACTONA) E ACETATO DE CELULOSE CONTENDO ÁCIDO ASCÓRBICO

Sthefany Ananda Bruna Almeida Mendes
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Taisa Lorene Sampaio Farias
Catarina Barbosa Levy
Ivanei Ferreira Pinheiro
Walter Ricardo Brito
João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.87719030918

CAPÍTULO 19 202

SÍNTESE DA ESTRUTURA PEROVSKITA DE TITANATO DE CÁLCIO E COBRE EM BAIXA TEMPERATURA PELO MÉTODO SOL-GEL

Eliane Kujat Fischer
Vinícius Moreira Alves
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Silvanice Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030919

CAPÍTULO 20 214

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROTALCITAS FOSFATADAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO POR COPRECIPITAÇÃO

Alberto Adriano Cavalheiro
Sabrina Vitor Gonçalves
Creuza Kimito Caceres Kawahara
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Graciele Vieira Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.87719030920

CAPÍTULO 21 225

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL REFORÇADO COM BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS MECÂNICOS DO TRATAMENTO ALCALINO

Fábio Friol Guedes de Paiva

Vitor Peixoto Klienchen de Maria
Giovani Barrera Torres
Guilherme Dognani
Renivaldo José dos Santos
Flávio Camargo Cabrera
Aldo Eloizo Job

DOI 10.22533/at.ed.87719030921

SOBRE O ORGANIZADOR.....	235
ÍNDICE REMISSIVO	236

FABRICAÇÃO DE SENSOR DE GÁS AMÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELETROFIAÇÃO DE POLÍMEROS CONDUTORES EM MATRIZES ISOLANTES

Deuber Lincon da Silva Agostini

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

André Antunes da Silva

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

Bruno Henrique de Santana Gois

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

Jessyka Carolina Bittencourt

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

Clarissa de Almeida Olivati

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

Pedro Leonardo Silva

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

Vagner dos Santos

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

Vilson Silva Nascimento

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física.
Presidente Prudente – SP

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de sensores, através da técnica de eletrofiação, com os polímeros condutores polianilina (PANi), Poli(3,4-etilenodioxitiofeno)-poli(sulfonato de estireno) (PEDOT:PSS) e polipirrol (PPy) em uma matriz de polímero isolante poli(álcool vinílico) (PVA) e poli(fluoreto de vinilideno) (PVDF), para a detecção de gás amônia. Nos últimos anos materiais nanométricos e micrométricos têm sido amplamente estudados como possíveis candidatos para a aplicação em sensores de gases. Foram desenvolvidas nanofibras, depositadas em circuitos interdigitados (IDEs), para uma melhor resposta na detecção de gás amônia, sendo caracterizada morfológicamente através da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e eletricamente, quando exposto ao gás amônia, através de medida

elétrica DC.

PALAVRAS-CHAVE: eletrofição, sensores orgânicos, nanofibras.

FABRICATION OF AMMONIUM GAS SENSOR THROUGH THE ELECTROSPINNING TECHNIQUE OF CONJUGATED POLYMERS IN INSULATING MATRIXES

ABSTRACT: This paper presents the development of sensors by electrospinning with conducting polymers like polyaniline (PANI), poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrene sulfonate) (PEDOT: PSS) and polypyrrole (PPy) in an insulating polymer matrix like poly(vinyl alcohol) (PVA) and poly(vinylidene fluoride) (PVDF) for the detection of ammonia gas. In recent years nanometric and micrometric materials have been widely studied as possible candidates for the application in gas sensors. It was developed nanofibers, deposited in interdigitated circuits (IDEs), for a better response in the detection of ammonia gas, being characterized morphologically by scanning electron microscopy (SEM) and electrically through electrical measurement DC, when in contact with ammonia gas.

KEYWORDS: electrospinning, organics sensors, nanofibers.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos primeiros sensores de gás foi desenvolvido em 1925, com o passar dos anos e os avanços tecnológicos, as necessidades de melhorias fizeram com que os sensores de gases evoluíssem e hoje são equipamentos de segurança indispensáveis para indústrias, principalmente as que envolvem produção de substâncias potencialmente tóxicas e perigosas, principalmente produtos inflamáveis ou até mesmo na área da avicultura e frigorífica, onde ocorre a liberação de gás amônia. Diversos acidentes já ocorreram, envolvendo asfixia, intoxicação, explosões e perdas de vidas, trazendo à tona a gravidade do problema e a importância da utilização desses sensores.

Regulamentações mais rígidas que controlam emissões, segurança e saúde exigem sensores de maior sensibilidade, estabilidade e seletividade em diferentes ambientes. Isto requer um processamento eficiente e expansão contínua no desenvolvimento de sensores. Embora os sensores de uma grande variedade de tipos estejam bem estabelecidos nas indústrias de processo, agricultura, medicina e muitas outras áreas, ainda o desenvolvimento de materiais de detecção com alta capacidade de detecção está a avançar a um ritmo sem precedentes. Nos últimos anos materiais nanométricos e micrométricos têm sido amplamente estudados como possíveis candidatos para a fabricação de sensores de gases (QURESHI, 2009).

Os sensores de gás possuem um mecanismo bem simples: o gás quando detectado pelo sensor faz com que ele emita um sinal elétrico, com intensidade proporcional à concentração de gás, como apresentado na Figura 1.

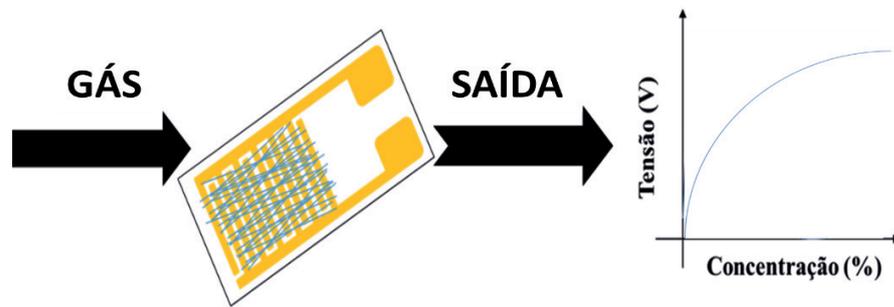


Figura 1 - Sistema de funcionamento do sensor de gás.

Tecnologias de processamento para produzir e funcionalizar nanofibras de polímeros conjugados têm sido alvo de enormes avanços na última década (DOSHI, 1995; FONG, 1999; CANESI, 2012), principalmente devido à sua relação de alta área superficial para um baixo volume, anisotropia óptica e morfológica (CHUANGCHOTE, 2008).

A Figura 2 apresenta o sistema de eletrofiação que permite o desenvolvimento de membranas poliméricas constituídas de nanofibras orientadas ou aleatoriamente distribuídas, formando uma rede tridimensional.

Nanofibras eletrofiadas possuem área superficial até 10^3 vezes maior quando comparadas com microfibras (ARAÚJO, 2013), podendo ter estrutura porosa e condutividade elétrica (HUANG, 2003; CHRONAKIS, 2006; JI, 2010; LIN, 2012), sendo uma estratégia para aumentar a sensibilidade e resposta do material (RENEKER, 1996; MACDIARMID, 2001; THERON, 2001).

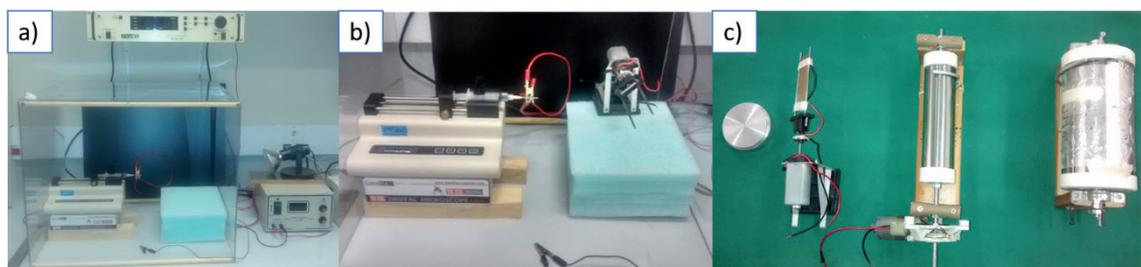


Figura 2 - Sistema de eletrofiação a) uma fonte de alta tensão, uma bomba de seringa; b) montagem do sistema com coletor e c) coletores disponíveis.

Outras propriedades físico-químicas, tais como: transporte de carga, condutividade térmica, capacidade de adsorção molecular, podem ser significativamente melhoradas quando comparadas com a formação de filmes, membranas ou materiais à base de fibras macroscópicas (WANG, 2012).

Soluções de semicondutores processados em nano e microfios são de grande interesse, uma vez que combinam dimensionalidade única e propriedades funcionais com facilidade de fabricação (KIM, 2010; PERSANO, 2015). Em particular, as fibras eletrofiadas de polímeros conjugados têm recebido uma atenção crescente nos últimos anos, graças à simplicidade e versatilidade desta técnica de processamento (CULLINAN, 2012; GREINER, 2007; LI, 2004).

Polímeros conjugados como polipirrol (PPy), polianilina (PANI), ou Poli(3,4-etilenodioxitiofeno)-poli(sulfonato de estireno) (PEDOT:PSS),

Figura 3, podem ser processados juntamente com um polímero isolante pela técnica de eletrofiação para aplicações em sensores de gás (CANESI, 2012; JI, 2010; GRANATO, 2009; CHRONAKIS, 2006; LIU, 2004; WANG, 2009; MERLINI, 2012.).

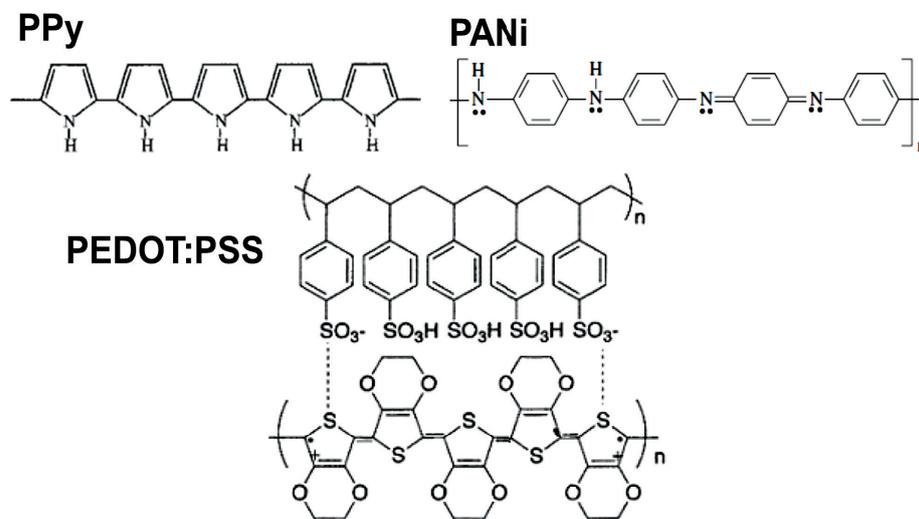


Figura 3 – Estrutura química dos polímeros condutores PPy, PANi e PEDOT:PSS.

Os polímeros conjugados apresentam uma boa geometria, especialmente em relação à razão de aspecto (relação comprimento/largura), desempenhando um papel importante na formação de uma rede condutora na matriz do polímero isolante, ou seja, aumentando-se a razão de aspecto do aditivo condutor o limiar de percolação da mistura polimérica pode ser diminuído, proporcionando que uma menor fração mássica seja necessária para que possa ser atingido maior contato físico entre as fibras (LIN, 2015).

A alta mobilidade no transporte de carga, assim como um bom acoplamento com eletrodos e com interfaces dielétricas, são requisitos cruciais para a aplicação destes polímeros condutores como atuadores em sensores (EDMONDSON, 2012).

Conseguir elevados valores de mobilidade carga é muito importante para melhorar a performance, aumentando a velocidade de operação de detectores, desafio científico e tecnológico que pode ser alcançado com a eletrofiação de polímeros condutores em matrizes isolantes, pois as nanofibras eletrofiadas permitem uma configuração alongada das cadeias dos polímeros conjugados formando um empilhamento molecular π - π^* , sendo este empilhamento interligado e ordenado com a orientação das nanofibras através da forte força cisalhamento requerida durante o processo de eletrofiação (EDMONDSON, 2012).

Uma série de trabalhos demonstraram que nanofibras poliméricas, devido à sua organização interna supramolecular, frequentemente mais ordenada e melhor orientação molecular, também contribuem para um aumento na mobilidade de carga (FANG, 1997; ZHAO, 2005).

Considerando a importância da escolha da matriz polimérica para o desenvolvimento de membranas eletrofiadas condutoras com propriedades adequadas, os polímeros isolantes poli(flúoreto de vinilideno) (PVDF) e poli(álcool vinílico) (PVA), Figura 4, mostram-se apropriados, devido as suas propriedades mecânicas superiores e fácil processabilidade (PARK, 2010; JOULAZADEH, 2014).

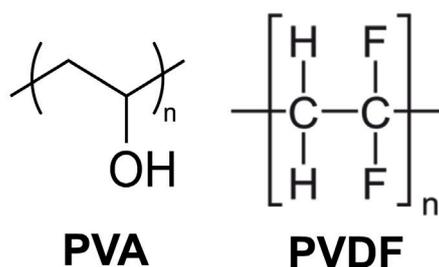


Figura 4 – Estrutura química das matrizes isolantes PVA e PVDF utilizadas no processo de eletrofição.

Recentemente, verificou-se que as nanoestruturas unidimensionais (1-D), de nanotubos e nanofibras, em sensores de gás mostraram melhor resposta de detecção, em comparação com outras estruturas devido à sua maior superfície em relação ao volume (JOUAZADEH, 2015).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram utilizados os polímeros isolantes PVA (*Sigma Aldrich*), MM 130.000, 99% hidrolisado e PVDF (*Arkema*), MM 534.000, sendo o poli(álcool vinílico) (PVA) dissolvido em água ultrapura e o poli(flúoreto de vinilideno) (PVDF) dissolvido em dimetilformamida (DMF). Os polímeros condutores utilizados foram polianilina (PANI), polipirrol (PPy) e Poli(3,4-etilenodioxítiofeno)-poli(sulfonato de estireno) (PEDOT:PSS), todos *Sigma-Aldrich*.

2.2 Avaliação Morfológica das Nanofibras

A morfologia das nanofibras foram avaliadas através da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) que é utilizada em diversas áreas, podendo fornecer informações detalhadas, com aumentos de até 300.000 vezes. O MEV permite o estudo de estruturas superficiais ou subsuperficiais das amostras eletrofiadas, pois possui alta profundidade de foco, podendo obter diferentes relevos da superfície da amostra simultaneamente em foco, produzindo imagens de alta resolução, o que garante obter alta ampliação de detalhes sem perder a nitidez. As imagens das amostras eletrofiadas foram obtidas através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) Carl Zeiss modelo EVO LS15 equipado com detector de elétrons secundários

(SE) em alto vácuo e temperatura constante.

2.3 Dispositivo sensor de gás

Para as medidas de gás foi utilizado um sistema de gás acoplado a um equipamento de medida elétrica DC, conforme descrito na Figura 5. O sistema conta com um cilindro de nitrogênio ($N_{2(g)}$) que pode passar pela linha (1), purgando apenas N_2 no elemento sensor (4), ou passar pela linha (2), no qual o N_2 será borbulhado em uma solução (3) de hidróxido de amônio ($NH_4OH_{(l)}$) liberando o gás amônia ($NH_{3(g)}$) no elemento sensor (4).

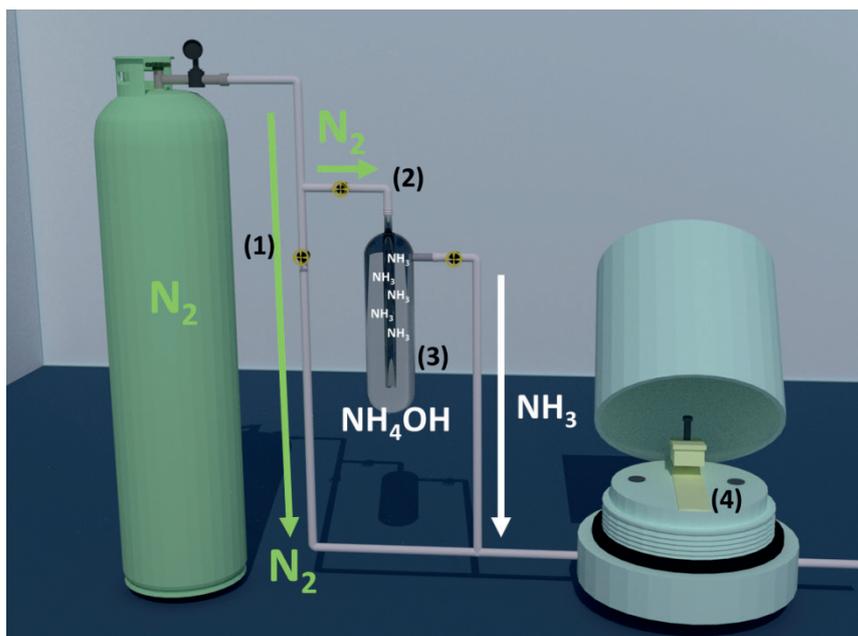


Figura 5 – Sistema para detecção de gases. (1) linha com gás N_2 , (2) linha no qual é produzido o gás amônia em (3) e (4) localização do elemento sensor acoplado a um equipamento de medida elétrica DC.

Para verificar as modificações na corrente elétrica causadas pelo gás no elemento sensor (4), foram utilizados eletrodos interdigitados de ouro, IDEs (*Interdigitated Electrodes*), conforme a Figura 6. A utilização do IDE é importante, pois em cada par de dígitos do eletrodo a corrente total é amplificada, o que torna mais fácil a caracterização em materiais com baixa condutividade.

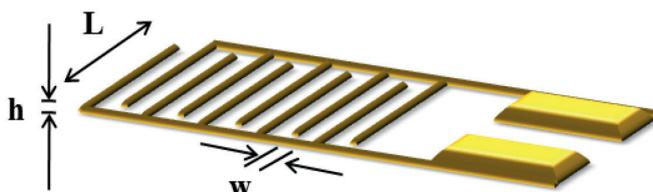


Figura 6 - Representação IDE com $N = 10$ dígitos, h altura, L comprimento e w largura dos dígitos, dimensões de 110 nm de altura (h), 8 mm de comprimento (L) e 100 μm de largura (w).

Os substratos foram produzidos no Laboratório de Microfabricação e filmes finos

(LMF) do laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) no centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).

O equipamento de medida elétrica em corrente contínua (DC) acoplado em (4) permitiu realizar medidas de corrente elétrica ($i(A)$) *versus* tempo ($t(\text{min})$) quando os IDEs com as nanofibras depositadas foram expostos aos gases. Foi utilizado uma Fonte Keithley 238 (High Voltage Source Measure Unit). Assim os IDEs com as nanofibras foram submetidos a uma tensão fixa de 5 V, tensão ideal para o funcionamento de equipamentos eletrônicos devido ao baixo consumo de energia elétrica.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os materiais fiados através da técnica de eletrofiação apresentaram fibras com diâmetros menores que 400 nm, Figura 7, sendo ideal para a aplicação em sensores que utilizam os IDEs com as dimensões utilizadas neste trabalho e com diâmetro muito inferior quando comparado com a largura entre dois dígitos ($\sim 110 \mu\text{m}$) de polos opostos.

Houve também uma boa aderência das nanofibras ao substrato, com uma pequena coalescência para as amostras a base de PVA, tal fato ocorre devido a baixa volatilidade da água utilizada como solvente para este polímero isolante, porém com boa interação entre os polímeros condutores, PANi e PEDOT:PSS, e o PVA, fato que não ocorreu na amostra de PVDF/ PPy, no qual é possível ver aglomerados de PPy nas nanofibras de PVDF.

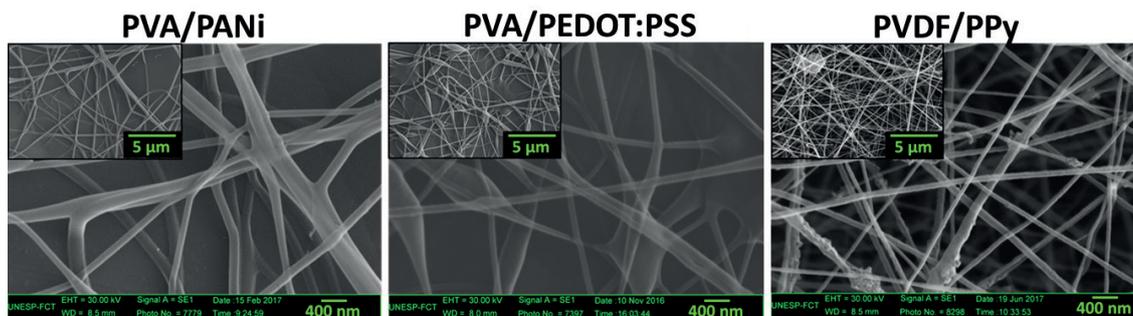


Figura 7 – Morfologia das nanofibras através da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

As nanofibras apresentaram uma boa distribuição nos IDEs, conforme podemos ver na Figura 7 (*in set*), com excelente cobertura do substrato pela amostra de PVDF/ PPy. A produção de nanofibras de PVDF é mais simples e com maior volume de fibras devido ao solvente utilizado no PVDF, que é a dimetilformamida (DMF), sendo mais volátil que a água, solvente utilizado para as amostras de PVA.

A Figura 8 apresenta a alteração na corrente elétrica (i) em microampères (μA) em função do tempo de exposição aos gases amônia e nitrogênio. Nota-se que todas

as nanofibras produzidas funcionaram como elemento sensor na detecção de gás amônia.

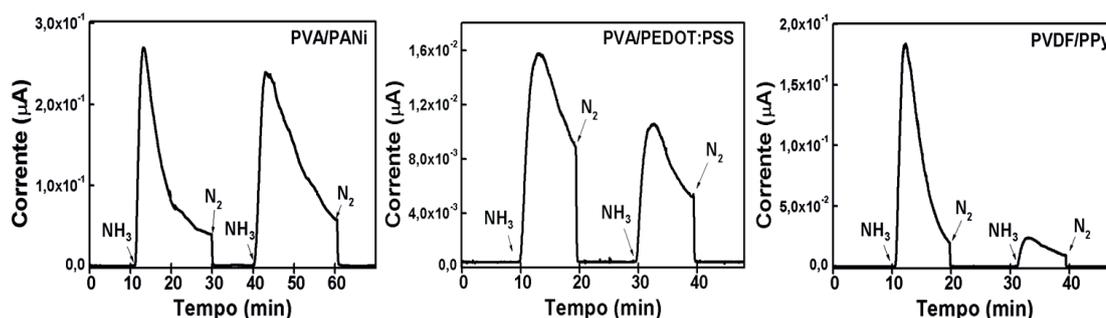


Figura 8 – Análise dos sensores quando em contato com o gás amônia em dois ciclos.

Os polímeros condutores PANi, PEDOT:PSS e PPy interagem com o gás amônia e as trilhas condutoras formadas pelas nanofibras auxiliam na condução mais efetiva em direção aos dígitos dos IDEs, melhorando o sinal de detecção devido ao aumento na área superficial que as nanofibras proporcionam, levando a uma maior interação entre o gás amônia e o elemento sensor (polímero isolante/polímero condutor).

4 | CONCLUSÕES

O uso da técnica de eletrofição para a fabricação de sensores de gás amônia mostra-se uma alternativa viável pelo baixo custo dos polímeros envolvidos, quando comparados a sensores de elementos cerâmicos, por exemplo. A combinação polímero isolante/condutor, processados na forma de nanofibras eletrofiadas, com dimensões equivalentes à dos IDEs utilizados promovem um sinergismo para uma detecção mais rápida e eficiente, dentro de uma tensão de operação, 5 V, compatível com elementos já existentes no mercado.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais (POSMat-Unesp), LabMEV-FCT/UNESP, CAPES, CNPq, INEO (Proc. 14/50869-6) e FAPESP (Proc. 2016/06288-4).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, T. Medeiros et al. Electrospinning of a blend of a liquid crystalline polymer with poly (ethylene oxide): Vectran nanofiber mats and their mechanical properties. **Journal of Materials Chemistry C**, v. 1, n. 2, p. 351-358, 2013.

CANESI, Eleonora V. et al. n-Type Semiconducting Polymer Fibers. **ACS Macro Letters**, v. 1, n. 3, p. 366-369, 2012.

CHRONAKIS, Ioannis S.; GRAPENSON, Sven; JAKOB, Alexandra. Conductive polypyrrole nanofibers via electrospinning: electrical and morphological properties. **Polymer**, v. 47, n. 5, p. 1597-1603, 2006.

CHUANGCHOTE, Surawut; SAGAWA, Takashi; YOSHIKAWA, Susumu. Fabrication and optical properties of electrospun conductive polymer nanofibers from blended polymer solution. **Japanese Journal of Applied Physics**, v. 47, n. 1S, p. 787, 2008.

CULLINAN, Michael A. et al. Scaling electromechanical sensors down to the nanoscale. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 187, p. 162-173, 2012.

DOSHI, Jayesh; RENEKER, Darrell H. Electrospinning process and applications of electrospun fibers. **Journal of electrostatics**, v. 35, n. 2-3, p. 151-160, 1995.

EDMONDSON, Dennis et al. Centrifugal electrospinning of highly aligned polymer nanofibers over a large area. **Journal of Materials Chemistry**, v. 22, n. 35, p. 18646-18652, 2012.

FANG, X. D. H. R.; RENEKER, D. H. DNA fibers by electrospinning. **Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics**, v. 36, n. 2, p. 169-173, 1997.

FONG, H.; CHUN, I.; RENEKER, D. H. Beaded nanofibers formed during electrospinning. **Polymer**, v. 40, n. 16, p. 4585-4592, 1999.

GRANATO, Flavio et al. Composite polyamide 6/polypyrrole conductive nanofibers. **Macromolecular rapid communications**, v. 30, n. 6, p. 453-458, 2009.

GREINER, Andreas; WENDORFF, Joachim H. Electrospinning: a fascinating method for the preparation of ultrathin fibers. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 46, n. 30, p. 5670-5703, 2007.

HUANG, Zheng-Ming et al. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. **Composites science and technology**, v. 63, n. 15, p. 2223-2253, 2003.

Jl, Liwen et al. Fabrication of carbon nanofiber-driven electrodes from electrospun polyacrylonitrile/polypyrrole bicomponents for high-performance rechargeable lithium-ion batteries. **Journal of Power Sources**, v. 195, n. 7, p. 2050-2056, 2010.

Jl, Liwen et al. Formation and characterization of core-sheath nanofibers through electrospinning and surface-initiated polymerization. **Polymer**, v. 51, n. 19, p. 4368-4374, 2010.

JOULAZADEH, Mehrnaz; NAVARCHIAN, Amir H.; NIROOMAND, Mehdi. A comparative study on humidity sensing performances of polyaniline and polypyrrole nanostructures. **Advances in Polymer Technology**, v. 33, n. S1, 2014.

JOULAZADEH, Mehrnaz; NAVARCHIAN, Amir H. Ammonia detection of one-dimensional nanostructured polypyrrole/metal oxide nanocomposites sensors. **Synthetic Metals**, v. 210, p. 404-411, 2015.

KIM, Felix Sunjoo; REN, Guoqiang; JENEKHE, Samson A. One-dimensional nanostructures of π -conjugated molecular systems: assembly, properties, and applications from photovoltaics, sensors, and nanophotonics to nanoelectronics. **Chemistry of Materials**, v. 23, n. 3, p. 682-732, 2010.

LI, Dan; XIA, Younan. Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel?. **Advanced materials**, v. 16, n. 14, p. 1151-1170, 2004.

LIN, Chih-Jung; LIU, Cheng-Liang; CHEN, Wen-Chang. Poly (3-hexylthiophene)-graphene composite-

based aligned nanofibers for high-performance field effect transistors. **Journal of Materials Chemistry C**, v. 3, n. 17, p. 4290-4296, 2015.

LIN, Qianqian; LI, Yang; YANG, Mujie. Polyaniline nanofiber humidity sensor prepared by electrospinning. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 161, n. 1, p. 967-972, 2012.

LIU, Haiqing et al. Polymeric nanowire chemical sensor. **Nano letters**, v. 4, n. 4, p. 671-675, 2004.

MACDIARMID, A. G. et al. Electrostatically-generated nanofibers of electronic polymers. **Synthetic Metals**, v. 119, n. 1-3, p. 27-30, 2001.

MERLINI, Claudia et al. Polypyrrole nanoparticles coated amorphous short silica fibers: Synthesis and characterization. **Polymer Testing**, v. 31, n. 8, p. 971-977, 2012.

PARK, Jong-Chul et al. Electrospun poly (vinyl alcohol) nanofibers: effects of degree of hydrolysis and enhanced water stability. **Polymer journal**, v. 42, n. 3, p. 273, 2010.

PERSANO, Luana; CAMPOSEO, Andrea; PISIGNANO, Dario. Active polymer nanofibers for photonics, electronics, energy generation and micromechanics. **Progress in Polymer Science**, v. 43, p. 48-95, 2015.

QURESHI, Anjum; ALTINDAL, Ahmet; MERGEN, Ayhan. Electrical and gas sensing properties of Li and Ti codoped NiO/PVDF thin film. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 138, n. 1, p. 71-75, 2009.

RENEKER, Darrell H.; CHUN, Iksoo. Nanometre diameter fibres of polymer, produced by electrospinning. **Nanotechnology**, v. 7, n. 3, p. 216, 1996.

THERON, A.; ZUSSMAN, E.; YARIN, A. L. Electrostatic field-assisted alignment of electrospun nanofibres. **Nanotechnology**, v. 12, n. 3, p. 384, 2001.

WANG, X. F.; DING, B.; YU, J. Y. Functional nanofibers in sensor applications. In: **Functional Nanofibers and their Applications**. Woodhead Publishing, 2012. p. 209-235.

WANG, Ying et al. Ammonia Gas Sensor Using Polypyrrole-Coated TiO₂/ZnO Nanofibers. **Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis**, v. 21, n. 12, p. 1432-1438, 2009.

ZHAO, Zhizhen et al. Preparation and properties of electrospun poly (vinylidene fluoride) membranes. **Journal of applied polymer science**, v. 97, n. 2, p. 466-474, 2005.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alexandre Igor Azevedo Pereira - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Argila aniônica 76
Astronomia 19, 20, 21, 23, 27, 28
Ativação ácida 88, 90

B

Biocompósitos 225

C

CCT 203, 209
Cerâmica dielétrica 203
Combustível 119
Compósitos poliméricos 155

D

Dissipação de calor 63

E

Eclipses 19, 20
Educação em tempo integral 29
Eletrofiação 9, 132
Embalagem 101, 106, 107
Ensino de matemática 29
Ergosterol 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129
Espectrofotometria 120, 125
Etanol 109, 114, 115, 118, 119, 184, 185, 187, 188, 191

F

Filmes 173, 174, 193
Filmes poliméricos 193
Formação de professores 41

G

Ganodermalucidum 130

M

Método Sol-Gel 144, 203, 205, 206
Modelagem 63

N

Nanofibras 134, 136

O

Oficina 14, 16, 18
Ondulação geoidal 6, 10, 11

Origami modular 29

P

Padrão 10, 51, 126

Perfilamento laser 1

Perovskita 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211

Potenciação 51

Proporção 51, 61

S

Sabonetes 101

Semicondutor 143

Simulação computacional 63

Sohxlet 120, 121

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-587-7



9 788572 475877