

THE GREAT WORLD OF NANOTECHNOLOGY

Marcos Augusto de Lima Nobre
(Organizador)

VOL II

 EDITORA
ARTEMIS
2021

THE GREAT WORLD OF NANOTECHNOLOGY

Marcos Augusto de Lima Nobre
(Organizador)

VOL II

 EDITORA
ARTEMIS
2021



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição- Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comercial. A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadoras	Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre
Imagem da Capa	Kateryna Kon
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba*
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, *Universidade Federal de Uberlândia*
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, *Universidade do Estado de Mato Grosso*
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo*
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*
Prof.^a Dr.^a Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.^a Dr.^a Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*
Prof.^a Dr.^a Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.^a Dr.^a Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda, Portugal*
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof.^a Dr.^a Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*
Prof.^a Dr.^a Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.^a Dr.^a Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bio-Bío, Chile*



Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, USA
 Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
 Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros
 Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
 Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista
 Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás
 Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo
 Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
 Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista
 Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe
 Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto
 Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia
 Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão
 Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba
 Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras
 Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense
 Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras
 Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia
 Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia
 Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
 Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
 Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
 Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
 Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa
 Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande
 Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilár, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

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

G786 The great world of nanotechnology [livro eletrônico] : vol. II /
 Organizador Marcos Augusto de Lima Nobre. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 Edição bilíngue
 ISBN 978-65-87396-36-1
 DOI 10.37572/EdArt_300621361

1. Nanociência. 2. Nanotecnologia. I. Nobre, Marcos Augusto Lima.

CDD 620.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PREFACE

The insertion of new and enhanced materials based on materials belonging to the Nano scale in the day-by-day has growth up in a silent way. In part, a number of works in the nanotechnology stemming of theoretical research using Density Functional Theory (DFT) and sophisticated simulation methods; another part is associated to the protected technologies associated to the military and patented nanomaterial and its process. In this sense, open access to recent aspects on the nanostructures application and properties can be reached in this book. Here, an interesting set of chapters gives opportunity of access texts that reach process and processing of nanostructures, applications of nanotechnology, advanced techniques to theoretical development. A broad set of nanostructures are here covered such as, nanocrystal, superficial nanograins, inner microstructures with nanograins, nanoaggregates, nanoshells, nanotubes, nanoflowers, nanoroad, nanosheets, Also, reveals new investigations areas as grainboundary of nanograins in ceramics and metals. A great number of software has been used as a tool of development of Science and Technologies for nanotechnology COMSOL Multiphysics 5.2. Phenomena and properties has been investigated by recent or classical techniques of materials characterization as Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Field Emission Gun Scanning Electron Microscopy (FEG-SEM) with Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), Raman Scattering Spectroscopy (RSS), X ray diffraction (XRD), ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy, UV-vis spectroscopy, dynamic light scattering (DLS), Atomic Force Microscopy (AFM), and Field Emission Gun Scanning Electron Microscopy (FEG-SEM). In this sense, collections of spectra from Mössbauer spectroscopy, UV-vis spectroscopy and Infrared spectroscopy can be found. As a matter of fact, some chapter's item can be seemed as specific protocols for synthesis, preparations and measurements in the nanotechnology.

I hope you enjoy your reading.

Prof. Dr. Marcos Augusto Lima Nobre

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1..... 1

ROLLING OF 316L STAINLESS STEEL WITH ROUGH ROLLS: A POSSIBLE TECHNIQUE TO OBTAIN SUPERFICIAL NANOGRAINS

Carlos Camurri

Alejo Gallegos

DOI 10.37572/EdArt_3006213611

CHAPTER 2..... 11

EFFECTS OF DIFFERENT ASPECT RATIOS AND JUNCTION LENGTHS ON THE COUPLED PLASMON GOLD NANOROD DIMERS

Hafiz Zeeshan Mahmood

Umer Farooq

Usman Rasool

Noor ul Huda

Sana Gulzar

Mahmood Ali

Maryam Iftikhar

Yasir Javed

Sajid Farooq

DOI 10.37572/EdArt_3006213612

CHAPTER 3.....21

AB-INITIO STUDY OF ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF ZnO NANOCRYSTALS CAPPED WITH ORGANIC MOLECULES

Aline L. Schoenhalz

Paulo Piquini

DOI 10.37572/EdArt_3006213613

CHAPTER 439

CONFINED WATER CHEMISTRY: THE CASE OF NANOCHANNELS GOLD OXIDATION

André Mourão Batista

Herculano da Silva Martinho

DOI 10.37572/EdArt_3006213614

CHAPTER 5..... 67

PLASMONIC RESPONSE OF GOLD- SILICA AND SILVER- SILICA METAL CORE NANOSHHELLS BY OPTIMIZING THE FIGURE OF MERIT

Hafiz Zeeshan Mahmood

Zainab Shahid

Alina Talat

Imama Irfan

Bushra Arif

Sana Habib

Saba Munawar

Yasir Javed

Shaukat Ali Shahid

Sajid Farooq

DOI 10.37572/EdArt_3006213615

CHAPTER 6 76

AMORPHOUS MICRO AND NANO SILICA EXTRACTED FROM RICE HUSKS AND OBTAINED BY ACIDIC PREHYDROLYSIS AND CALCINATION: PREPARATION ROUTE AND CHARACTERIZATION

Eduardo Roque Budenberg

Eilton Aparecido Prado dos Reis

Deuber Lincon da Silva Agostini

Renivaldo José dos Santos

Felipe Silva Bellucci

Aldo Eloizo Job

Daltro Garcia Pinatti

Rosa Ana Conte

DOI 10.37572/EdArt_3006213616

CHAPTER 7..... 92

FORMATION OF METAL NANOPARTICLES BY SPUTTER DEPOSITION ON UNCD FILMS BY NPIII INSIDE CONDUCTIVE TUBES

Nazir Monteiro dos Santos

Divani Carvalho Barbosa

Evaldo José Corat

Mario Ueda

DOI 10.37572/EdArt_3006213617

CHAPTER 8 109

X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY (XPS) STUDY OF CONDUCTIVE TUBE AFTER NITROGEN PIII

Nazir Monteiro dos Santos
Elver Juan de Dios Mitma Pillaca
Mario Ueda
Steven Frederick Durrant
Pericles Lopes Sant'Ana

DOI 10.37572/EdArt_3006213618

CHAPTER 9 125

APPLICATION OF CLAY-CARBOXIMETHYLCHITOSANE NANOCOMPOSITE-SILVER NANOPARTICLES IN FILTERS TO TREAT CONSUMPTION WATER IN RURAL AREAS OF CAMANA - AREQUIPA-PERU

Maria Elena Talavera Nuñez
Irene Zea Apaza
Corina Vera Gonzales
Julia Zea Alvarez
Luis Rodrigo Benavente Talavera

DOI 10.37572/EdArt_3006213619

CHAPTER 10..... 138

NANOGRAIN BOUNDARY PHENOMENON IN CERAMIC NANOMETRIC MICROSTRUCTURE

Marcos Augusto Lima Nobre
Silvania Lanfredi

DOI 10.37572/EdArt_30062136110

CHAPTER 11..... 150

ON SPIN HAMILTONIAN FITS TO MÖSSBAUER SPECTRA OF NIFE₂O₄ NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY CO-PRECIPIATION

Jose Higinio Dias Filho
Jorge Luis Lopez
Adriana Silva de Albuquerque
Renato Dourado Maia
Wesley de Oliveira Barbosa
Ernando Campos Ferreira
Fellipe Silva Pereira
Kátia Guimarães Benfica

DOI 10.37572/EdArt_30062136111

CHAPTER 12..... 162

EFFECT OF GRAPHITE NANOSTRUTURES ON THE VISCOSITY PROPERTIES OF BLENDS DIESEL-S10 AND BIODIESEL

Túlio Begena Araújo

Marcos Augusto Lima Nobre

DOI 10.37572/EdArt_30062136112

CHAPTER 13..... 172

REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE EFLUENTES ACUOSOS EMPLEANDO COMO ADSORBENTE MAGNETITA NANOESTRUCTURADA

Orfelinda Avalo Cortez

Luis Jean Carlo Cisneros García

David Pedro Martínez Aguilar

DOI 10.37572/EdArt_30062136113

CHAPTER 14..... 182

AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE NANOCOMPÓSITOS DE MATRIZ DE ALUMÍNIO REFORÇADOS COM ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO

Daniel Andrada Maria

Andreza de Sousa Andrada Jordânio

Samuel Siqueira

Adelina Pinheiro Santos

Clascídia Aparecida Furtado

DOI 10.37572/EdArt_30062136114

CHAPTER 15..... 197

ROTA ECOLOGIA PARA SINTESE DE ELETRODO NANOESTRUTURADO DE ZnO PARA SUPERCAPACITOR

Eguiberto Galego

Marilene Morelli Serna

Tatiane Yumi Tatei

Bruna Rodrigues de Lima

Rubens Nunes de Faria Junior

DOI 10.37572/EdArt_30062136115

CHAPTER 16.....	212
MORFOLOGIA DE FILMES FINOS NANOESTRUTURADOS DE ZnO PRODUZIDOS PELO MÉTODO SILAR	
Eguiberto Galego	
Marilene Morelli Serna	
Lalgudi Venkataraman Ramanathan	
Rubens Nunes de Faria Junior	
DOI 10.37572/EdArt_30062136116	
CHAPTER 17.....	228
OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE A PARTIR DE PAPEL RECICLADO VIRGEM E PÓS-CONSUMO	
Jean Brito Santos	
Emanoel Igor da Silva Oliveira	
Nádia Mamede José	
DOI 10.37572/EdArt_30062136117	
ABOUT THE ORGANIZER.....	234
INDEX.....	236

CHAPTER 15

ROTA ECOLOGIA PARA SÍNTESE DE ELETRODO NANOESTRUTURADO DE ZnO PARA SUPERCAPACITOR

Data de submissão: 03/04/2021

Data de aceite: 26/04/2021

Bruna Rodrigues de Lima

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares
Centro de Ciências e
Tecnologia dos Materiais
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/6522156417116366>

Eguiberto Galego

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares
Centro de Ciências e
Tecnologia dos Materiais
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/4818030985379074>

Rubens Nunes de Faria Junior

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares
Centro de Ciências e
Tecnologia dos Materiais
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8776524631256060>

Marilene Morelli Serna

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares
Centro de Ciências e
Tecnologia dos Materiais
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/7397656667247795>

Tatiane Yumi Tatei

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares
Centro de Ciências e
Tecnologia dos Materiais
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8691251600229151>

RESUMO: Capacitores de dupla camada elétrica (EDLC) tem sido amplamente pesquisados devido as suas várias aplicações em dispositivos elétricos e eletrônicos, devido a alta densidade de potência e número de ciclos de carga e descarga. O óxido de zinco é um candidato promissor para emprego em eletrodos de supercapacitores. O ZnO é usado largamente em eletrodos de baterias com uma densidade de energia de cerca de 650 A g^{-1} , mas tem a desvantagem de apresentar formação de dendritas devido a ciclagem constante, as quais reduzem a vida útil. Neste trabalho, reportamos um método relativamente simples, ecológico e de baixo

custo para preparar eletrodos de ZnO que consiste em duas etapas. Inicia-se com a deposição de uma camada semente pelo método das deposição de camadas iônicas adsorvida e por reação sucessivamente (SILAR). Subsequentemente, a deposição em banho químico (CBD) foi usada para crescimento de nanoestruturas de ZnO. O método SILAR foi usado neste trabalho em substituição a métodos que utilizam alta temperatura e alto vácuo, tal como a deposição por vapor químico, para criar uma interface entre o coletor condutivo de aço inoxidável ou alumínio e o filme nanoestruturado de ZnO. A microscopia eletrônica de varredura ou empregada para caracterização morfológica dos eletrodos. A performance eletroquímica dos eletrodos nanoestruturados foi investigada por voltametria cíclica. A capacitância dos capacitores simétricos foi medida pelo método da carga descarga. O uso de diferentes complexantes resultou na formação de nanoestruturas com diferentes morfologias. Os voltamogramas mostraram bandas características de reações faradaicas, próprias de pseudocapacitores. Os resultados de capacitância indicam mostram que os fatores de maior influência para a capacitância foram a massa depositada e a morfologia da nanoestrutura de ZnO.

PALAVRAS-CHAVE: Supercapacitores. Métodos químicos. ZnO. Nanoestruturas.

GREEN SYNTHESIS OF ZnO NANOSTRUCTURED ELECTRODE FOR SUPERCAPACITOR

ABSTRACT: The electrical double layer capacitor (EDLC) has been extensively investigated for its many applications in electric and electronic devices, due to high power density and long-life cycle. Zinc oxide (ZnO) is a promising candidate for the electrochemical supercapacitor electrode. ZnO is well known to be an active battery material with a high energy density of about 650 A g^{-1} , but it has the disadvantage of dendrites formation during consecutive cycling, which decreases life cycle. In this paper, we report a relatively straightforward, environmentally friendly and low-cost method for preparing ZnO electrodes that consists in two steps. Starting with a ZnO seed layer onto a steel substrate employing the successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method. Subsequently, a chemical deposition bath (CBD) was used for the nanostructured ZnO growth. A low temperature SILAR method was used in this study, replacing high temperature and vacuum methods, such as chemical vapor deposition or sputtering, to create an interface region between the conductive steel current collector and the nanostructured ZnO electrode. Scanning electronic microscopy has been employed in the characterization of the two-step produced nanostructured ZnO electrodes. The electrochemical performance of the nanocomposite electrodes has investigate using cyclic voltammetry. Capacitance was measured by charge-discharge curve. Different complex ions result in morphologies with different aspects. Cyclic voltammetry exhibited a broad redox peak indicative of typical reversible redox reaction responsible for the faradaic reactions in the supercapacitor. These results indicated indicating that de mass and morphologies were influenced in the capacitance.

KEYWORDS: Nanostructure. ZnO. Chemical method. SILAR. Supercapacitor.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de estudos empregando materiais abundantes, baratos, atóxicos e ecológicos, para fins de armazenamento de energia elétrica tem aumentado

significativamente nestes últimos anos. Dentro deste contexto, o ZnO, além de apresentar as características descritas acima, possui propriedades físicas que o torna um material promissor para emprego em: lasers na faixa do ultravioleta, diodos foto-emissores, diodos fotossensíveis, transdutores e atuadores piezoelétricos, armazenadores de hidrogênio, sensores químicos e bioquímicos, guias de ondas acústicas, células fotovoltaicas e supercapacitores (Conte, 2010; Lau et al., 2017).

Este amplo campo de aplicação do ZnO decorre das propriedades físicas e químicas, tais como: *band gap* de 3,37 eV, energia de ligação de 60 MeV e polarização espontânea de $-0,57 \text{ C/m}^2$, condutividade elétrica de até $5 \cdot \text{cm}^{-1}$, alta densidade de energia $650 \text{ A}\cdot\text{h}\cdot\text{g}^{-1}$ (Wang, 2004; Zhang, 2009; DING, 2014). O ZnO apresenta outra característica importante: devido a sua estrutura cristalina ser hexagonal é possível obtê-lo com características nano-morfológicas variadas.

A estrutura cristalina do ZnO pode ser descrita como o empilhamento de tetraedros coordenados por átomos de Zn^{2+} e O^{2-} ao longo do eixo *c* de uma estrutura hexagonal. A estrutura do ZnO não é centrossimétrica, resultando em um óxido piezoelétrico e piroelétrico. Outra importante característica do ZnO é possuir superfícies polares, que permitem a adesão superficial por meio de ligações de Van der Waals, sendo a mais comum destas superfícies os planos basais. A oposição dos íons nestes planos produz superfícies carregadas positivamente ($\text{Zn}-(0001)$) e negativamente ($\text{O}^-(000\bar{1})$), resultando em um momento de dipolo e na polarização espontânea ao longo do eixo *c*, assim como um divergente na superfície de energia (Wang, 2004).

Devido às características de sua estrutura cristalina, o ZnO possui três direções preferenciais de crescimento: $(01\bar{1}0)(\pm[01\bar{1}0], \pm[10\bar{1}0], \pm[1\bar{1}00])$ e $\pm[0001]$. Além destas direções preferenciais é possível, a partir do controle da taxa de crescimento das superfícies polares, promover várias outras direções de crescimento dos cristais.

O emprego de materiais nanoestruturado tem sido pesquisado para uso em supercapacitores do tipo pseudocapacitores (Yu et al., 2014; Zhang et al., 2009). Os pseudocapacitores armazenam cargas através de rápidas reações reversíveis de superfície ou reações do tipo redox próxima à superfície do material. Como essas reações redox geralmente ocorrem em óxidos metálicos, onde os íons metálicos possuem múltiplos estados de valência, óxidos como: MnO_2 , NiO_x , e CoO_x são excelentes candidatos para o emprego na construção dos pseudocapacitores.

Zhang et al (2009a) pesquisaram supercapacitores compostos por nanotubos de carbono impregnados com ZnO nanoestruturado como eletrodos, conseguindo capacitores de até $323,9 \text{ F g}^{-1}$. Os mesmos autores substituíram o grafeno obtendo capacitâncias da ordem de $11,3 \text{ F g}^{-1}$.

Sdihu e Rastogi (2014) estudaram supercapacitores planares empregando o ZnO do tipo nanotubo como nucleador de poli-pirrole (um tipo de polímero orgânico condutor). Segundo os autores as capacitâncias conseguidas foram na ordem de 130 mF cm^{-2} .

A síntese de nanoestruturas de ZnO para emprego em supercapacitores é realizada por diversos métodos. Alguns destes métodos são de alto custo, além de não se caracterizarem como técnicas de baixo impacto ecológico. Ou de menor custo são estudados objetivando a obtenção de nanoestruturas de alto desempenho (Haldorai, Voit, Shim, 2015; Raj et al., 2017).

A deposição por banho químico ou CDB (*chemical bath deposition*) é um método barato e simples para a obtenção de nanoestruturas de ZnO, o que o torna um método ecologicamente correto. Entretanto, a adesão de filmes nanoestruturados obtidos por CBD apresentam pouca aderência ao substrato, esta dificuldade foi sanada pelo crescimento de uma camada semente, em geral, utilizando técnicas com alta temperatura e alto vácuo, com a desvantagem destas técnicas serem mais agressivas ao meio ambiente.

A utilização do método SILAR (*Sucessive Ionic Layer Adsorption and Reaction*), que consiste na adsorção dos cátions em um CDB e a reação de formação do composto alvo em outro banho químico. Galego et al (2013) desenvolveram uma adaptação do método SILAR para crescimento de sementes de ZnO utilizando dois banhos catiônicos resultando em uma camada densa e aderente.

Os métodos SILAR/CBD em conjunto apresentam-se como uma rota simples, econômica e ecologicamente correta para a obtenção de eletrodos de ZnO.

Este estudo objetiva avaliar a influência do tipo de substrato na morfologia da semente e a influência de agentes complexantes no CDB na formação de filmes nanoestruturados. Estes eletrodos foram utilizados na montagem de supercapacitores simétricos e caracterizado suas propriedades elétricas.

2 MÉTODOS EXPERIMENTAIS

2.1 ELETRODOS

A composição química dos substratos, aço inoxidável 304 AISI e alumínio AA-1050, foi determinada por fluorescência de raios X, empregando-se o método dos parâmetros fundamentais (EDX-720, Shimadzu). As fases cristalinas presentes foram identificadas por difração de raios X utilizando radiação Cu - $K\alpha$ (PW1700, Philips).

Ao substrato pré-preparado para a elaboração do eletrodo foi adicionando um terminal de fio de Ni-Cr, através do processo de solda ponto, para futura aplicação e realização de medidas. O conjunto foi submetido a limpeza, seguindo a seguinte

seqüência: detergente Extran®, acetona, álcool isopropílico e água bidestilada, todos em banho de ultrassom, por 180 s. Após o processo de limpeza, a superfície foi decapada mergulhando-se o substrato por 1 s em solução ácida de $\text{H}_3\text{PO}_4\text{:HNO}_3\text{:H}_2\text{O}$ na proporção 5:1:5. A face externa do eletrodo, que contém o terminal soldado, foi isolada empregando-se uma camada de tinta esmalte.

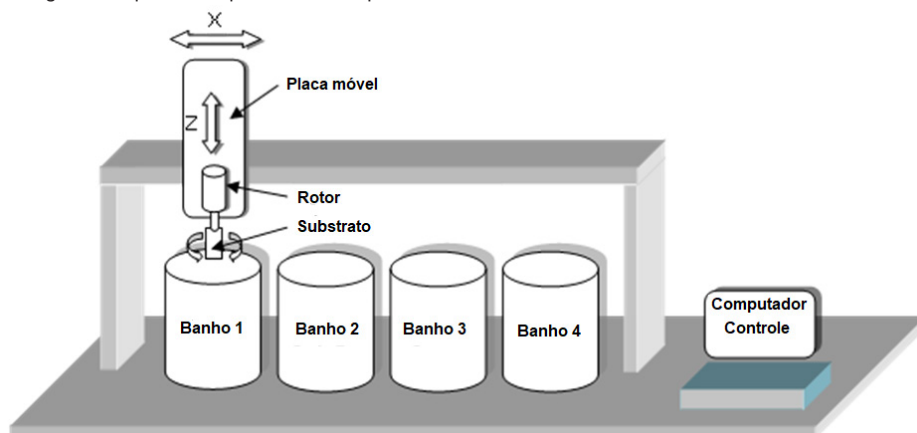
2.2 CRESCIMENTO NANOESTRUTURAS

A camada semente de ZnO foi crescida pelo método SILAR. A Tab. I mostra a seqüência, temperatura e tempo de imersão de cada banho. Para se conseguir uma boa camada de cobertura de sementes crescidas no eletrodo foi empregado 40 ciclos desta seqüência (Galego et al.,2013). O esquema do aparato empregado para efetuar os ciclos pode ser visto na Fig. 1. Após o crescimento da semente, os substratos foram mantidos na estufa por 8 h a 80 °C.

Tabela I: Seqüência utilizada pelo método SILAR, para crescimento da semente de ZnO.

Seqüência (#)	Banho (tipo)	Temperatura (K)	Tempo (s)
01	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	323	10
02	H_2O	363	5
03	Enxague (H_2O)	Ambiente	5
04	Acetato de Zn	323	40
05	H_2O	363	10
06	Enxague (H_2O)	Ambiente	5
07	Secagem (N_2)	Ambiente	20

Figura 1: Esquema do aparato utilizado para crescimento das sementes de ZnO sobre os substratos.



As diversas direções de crescimento do ZnO podem ser ativadas pelas condições do processo de crescimento. No caso dos métodos químicos, as principais

variantes são a concentração molar de íons de Zn^{2+} , a temperatura e os complexantes utilizados. Os complexantes utilizados neste estudo foram: hexametiletenotetramina ($(CH_2)_6N_4$ ou (HMT); ureia (NH_2CONH_2) e; etilenodiaminotetraacético dissódico ($(HO_2CCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2CO_2H)_2$) ou (EDTA).

O crescimento das nanoestruturas de ZnO foi realizado pelo método CBD, em banho alcalino, com adição de NH_4OH . A composição mais adequada para cada um dos complexantes utilizados foi determinada por estudos anteriores. Na Tab. II são apresentadas as composições e concentrações dos complexantes utilizadas neste estudo. As amostras foram posicionadas com a face das sementes direcionadas para baixo por 8 h, sendo que os banhos foram substituídos a cada 2 h, devido a evaporação e degradação.

Tabela II: Composição química dos banhos utilizados para crescimento de ZnO nanoestrutura pelo método CBD.

Substrato – complexo	Composição – concentração		
Aço – EDTA	Zn(Ac) – 20 mM	NH_4OH – 1:20	EDTA – 2 mM
Aço – HMT	Zn(Ac) – 20 mM	NH_4OH – 1:20	HMT – 40 mM
Aço – Ureia	Zn(Ac) – 20 mM	NH_4OH – 1:20	Ureia – 40 mM
Al – EDTA	Zn(Ac) – 10 mM	NH_4OH – 1:20	EDTA – 2 mM

A morfologia das nanoestruturas de ZnO foram observadas por microscopia eletrônica de varredura convencional (XL-30, Philips) e por emissão de campo (JSM 6510, Jeol).

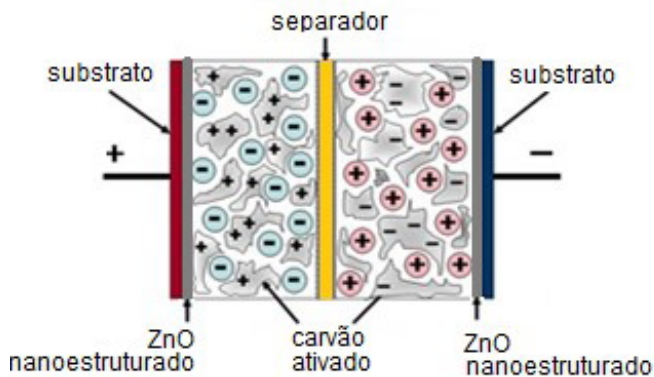
A voltametria cíclica (SP-50, BioLogic) foi utilizada para a caracterização do comportamento eletroquímico do substrato metálico recoberto com a nanoestrutura de ZnO. Os parâmetros eletroquímicos utilizados foram: a) eletrodo de referência: Ag/AgCl; b) velocidade de varredura: 50 mV s^{-1} e; c) solução do eletrólito: 0,1 M de Na_2SO_4 .

2.3 SUPERCAPACITOR

Os supercapacitores foram montados de modo simétrico (Chui et al., 2014) onde cada um dos eletrodos foi montado com o substrato/ZnO nanoestruturado e uma camada adicional (carvão ativado). Uma vez montados compuseram o dielétrico do supercapacitor. Esta camada adicional foi composta por: 100 mg de carvão ativado; 12,5 mg de negro de fumo e 40 mg de politetrafluoretileno (PTFE). A mistura foi homogeneizada e separada em duas porções com mesma massa. Em seguida foram prensadas com uma matriz de diâmetro menor que o do eletrodo, com uma pressão de 1000 Kg cm^{-2} por 5 min. Para o separador foi utilizado papel de filtro do tipo quantitativo. Um esquema da montagem

do supercapacitor pode ser vista na Fig. 2. Para garantir a integridade da montagem foi utilizado uma pinça isolante que manteve pressão suficiente para um contato elétrico. Em seguida, a montagem foi mergulhada em um eletrólito de Na_2SO_4 a 0,1 M. As medidas elétricas foram feitas depois de decorridos 12 horas dentro do eletrólito.

Figura 2: Esquema da montagem do supercapacitor.



O método de carga e descarga foi utilizado para determinação da capacitância. O ciclo consiste em: carga sob corrente constante até chegar no valor nominal de tensão, platô de tempo de estabilização e descarga sob corrente constante. A medida foi realizada na descarga anotando-se tempo decorrido entre de 80% e 40% do valor da tensão obtida na carga após o platô.

A equação (1) foi utilizada para o cálculo da capacitância:

$$C_{SD} (F) = I_{const} (A) \cdot \frac{\Delta t (s)}{\Delta v (V)} \quad (1)$$

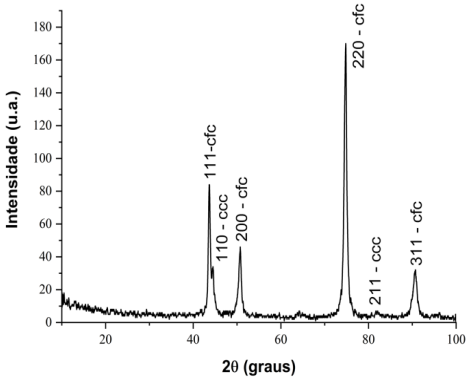
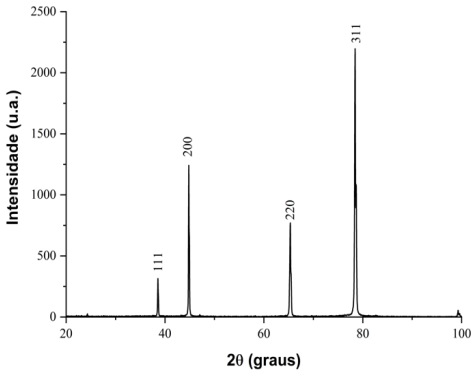
onde: C_{SD} é capacitância; I_{const} é a corrente constante utilizada na descarga; Δt é o tempo decorrido e Δv a variação de tensão.

Para a medida foi utilizada uma corrente constante de 1 mA, tanto para carga como para descarga. O platô foi de 30 min e tensão nominal para carga de 1 V (Andreas, 2014).

3 RESULTADOS

As condições superficiais dos substratos são cruciais para a formação de uma camada semente densa e bem aderida aos substratos. A Tab. III apresenta as características dos substratos utilizados na elaboração dos eletrodos aqui estudados.

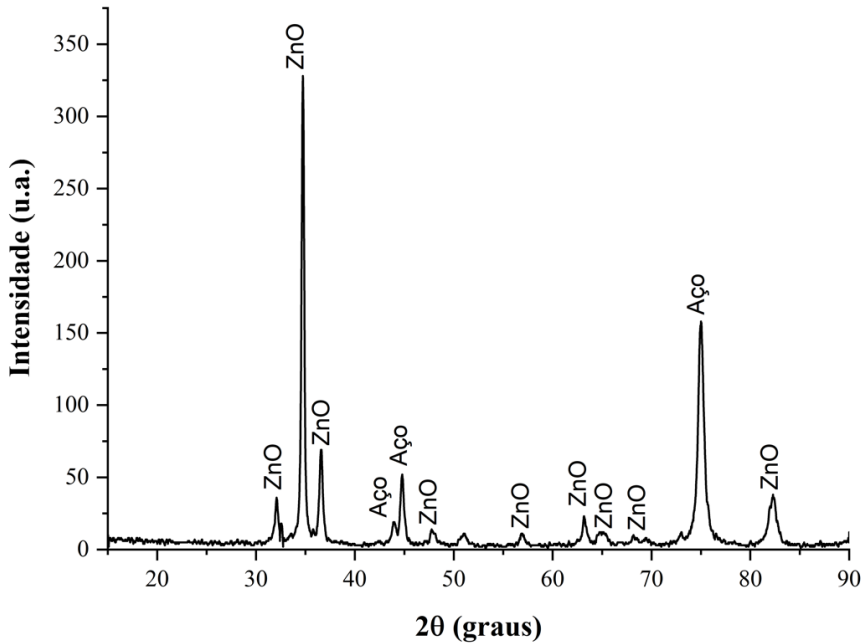
Tabela III: Características dos substratos utilizados para preparo de eletrodos com de ZnO nanoestruturado.

Material	Composição química (% em peso)	Estrutura cristalina	Espectro de difração de raios X
Aço	Fe – 71,60 Cr – 18,28 Ni – 8,74 Mn – 1,38 S – 0,02	FCC/BCC	 <p>The XRD pattern for the steel substrate shows several diffraction peaks. The y-axis is labeled 'Intensidade (u.a.)' and ranges from 0 to 180. The x-axis is labeled '2θ (graus)' and ranges from 20 to 100. The peaks are labeled as follows: 110 - ccc (at ~45°), 111 - cfc (at ~48°), 200 - cfc (at ~50°), 211 - ccc (at ~78°), 220 - cfc (at ~75°), and 311 - cfc (at ~90°).</p>
Alumínio	Al – 99,59 Fe – 0,37 Ti – 0,03 Zn – 0,02	FCC	 <p>The XRD pattern for the aluminum substrate shows four distinct diffraction peaks. The y-axis is labeled 'Intensidade (u.a.)' and ranges from 0 to 2500. The x-axis is labeled '2θ (graus)' and ranges from 20 to 100. The peaks are labeled as follows: 111 (at ~38°), 200 (at ~45°), 220 (at ~65°), and 311 (at ~78°).</p>

Uma característica dos metais laminados, caso dos metais utilizados neste estudo, é a presença de orientação preferencial de determinados planos cristalinos. Os espectros de difração de raios X apresentados na Tab. III mostra que o substrato de aço apresenta as fases cúbica de corpo centrado (CCC) e cúbica de face centrada (FCC), ambas com orientação da família de planos $\langle HK0 \rangle$. No substrato de alumínio, estrutura FCC, a orientação preferencial foi observada na família de planos $\langle 311 \rangle$.

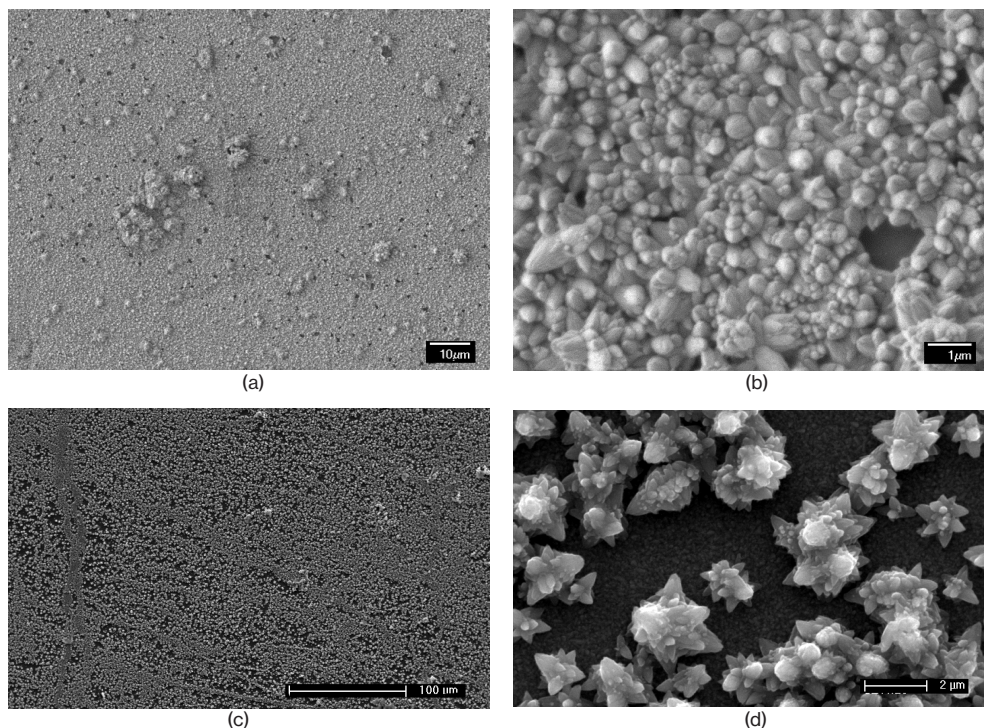
O método SILAR utilizado para o crescimento da semente de ZnO proporcionou uma interação forte entre o substrato e o ZnO e, as baixas temperaturas utilizadas nos diversos banhos foram suficientemente altas para a formação da fase cristalina hexagonal do ZnO e inibição de formação de $\text{Zn}(\text{OH})_2$, Fig. 3.

Figura 3: Espectro de difração de raios X da camada semente sobre o substrato de aço e alumínio.



A utilização de métodos químicos para crescimento de filmes finos de ZnO, principalmente com utilização de amônia, tende a promover o crescimento do ZnO na direção do plano basal da estrutura hexagonal. Entretanto, no caso da camada semente há influência da estrutura cristalina do substrato. No método SILAR, o crescimento dá-se íon por íon que tem a capacidade de acomodar, no caso a estrutura cristalina do ZnO, nas diferentes estruturas cristalinas da superfície do aço e do alumínio, pelo ajuste das diferentes direções preferenciais de crescimento do ZnO. Na micrografia, com menor aumento, Fig.4(a) e Fig. 4(c), observa-se: a) o recobrimento quase total da superfície do substrato; b) a presença de alguns aglomerados, com tamanho máximo de 10 μm pequenas e; c) áreas sem recobrimento devido a presença de ponto corroídos na superfície do substrato. Com maior aumento, Fig. 4(b) e Fig. 4(d), ficou evidente a heterogeneidade do filme de ZnO depositado, indicando que a acomodação da estrutura cristalina do ZnO nas estruturas cristalinas dos substratos favoreceu o crescimento do ZnO nas diversas direções preferenciais, com morfologia preponderante de nanorods coalescidos lateralmente.

Figura 4: Micrografia de varredura por emissão de campo da camada semente obtida pelo método SILAR utilizando HMT como agente complexante. Substrato aço: (a) menor magnificação e (b) maior magnificação. Substrato de alumínio: (c) menor magnificação e (d) maior magnificação.

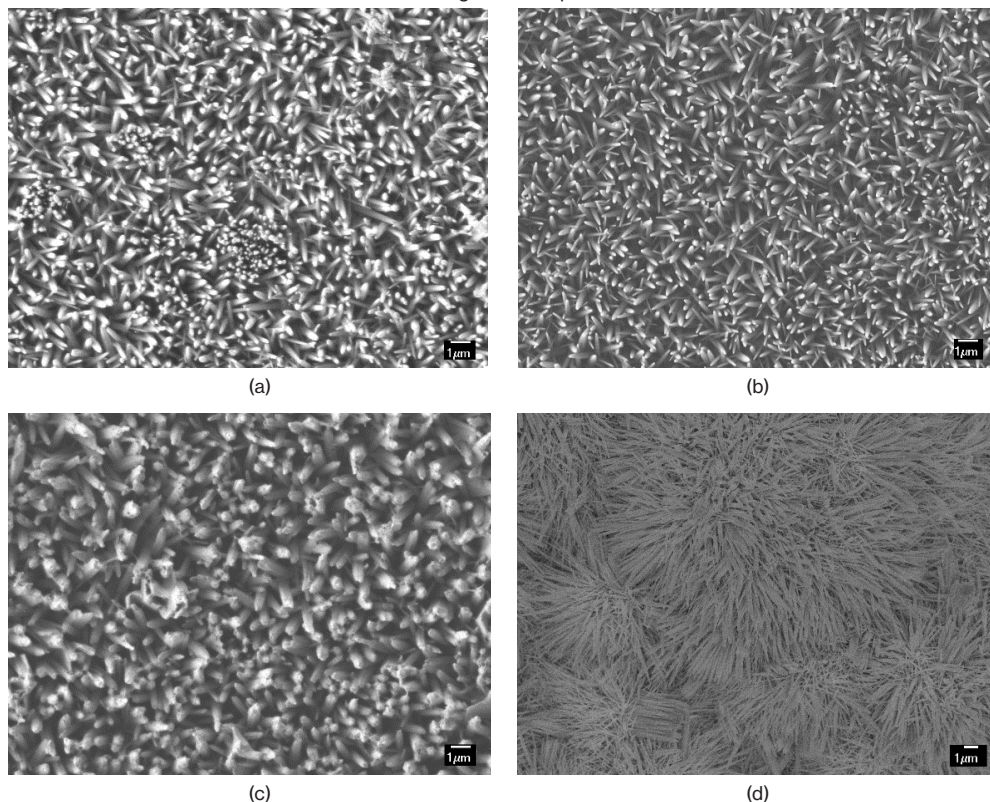


Por outro lado, sobre o substrato de alumínio o crescimento de nanoestruturas de ZnO não apresentou um crescimento com a mesma densidade observada no substrato de aço. Na Fig. 4 (d), observou-se que as nanoestruturas apresentam crescimento nas diversas direções de crescimento, com morfologia parecido com pétalas de flores.

Os filmes de ZnO nanoestruturados obtidos pelo crescimento pelo método CBD estão apresentados nas Fig. 5 (a), (b), (c) e (d). Nas micrografias apresentadas observou-se a influência da morfologia da semente comparando-se as nanoestruturas formadas sobre os substratos de aço inoxidável e alumínio. No caso, do substrato de aço inoxidável, Fig.5(a), (b) e (c), houve o predomínio da morfologia de nanobastões orientados preferencialmente em relação a direção do plano basal, observou-se também que os diferentes complexantes promoveram pequenas diferenças na morfologia. Já sobre o substrato de alumínio, Fig.5(d), a morfologia apresentada pode ser descrita como nanofios longos, que ao serem retirados do banho de crescimento e com o retorno do substrato a posição normal não se sustentaram na posição vertical. Esta morfologia pode ser atribuída a formação de uma semente com morfologia de

flores com um centro orientado da direção do plano basal e estarem distribuídas esparsamente sobre o substrato.

Figura 5: Micrografia, obtida por microscopia de varredura de elétrons, dos filmes nanoestruturados crescidos por CDB sobre diferentes substratos e com diferentes agentes complexantes.

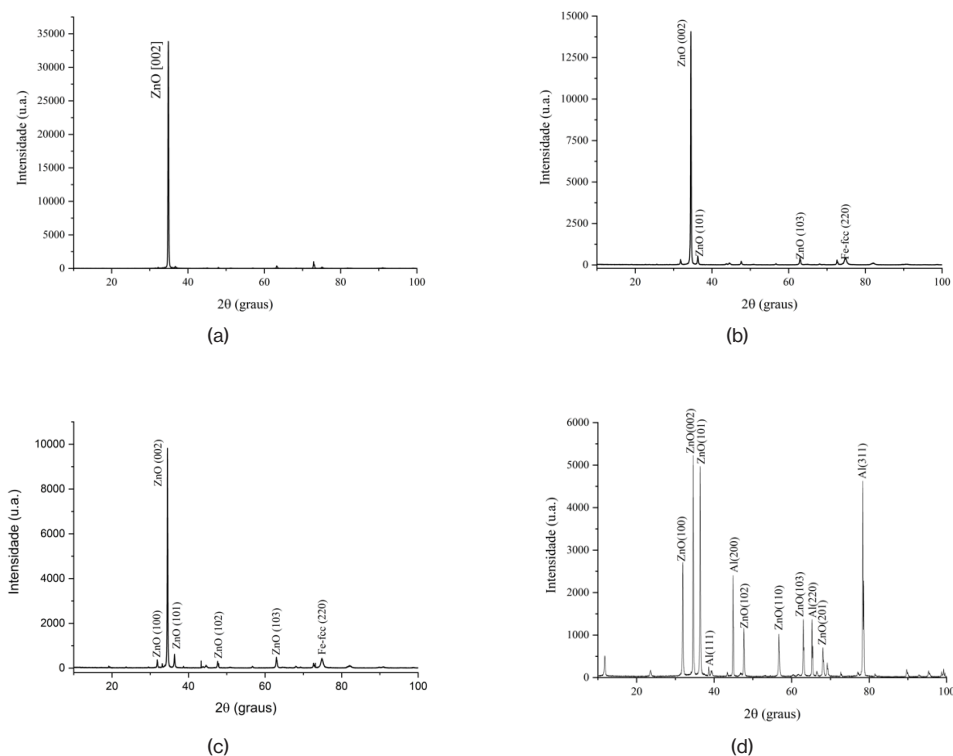


A densidade superficial de ZnO nanoestruturado formado, também, foi influenciada pelos complexantes no crescimento do filme por CDB. Os valores da massa depositada foram calculados pelo método da camada depositada por fluorescência de raios X, que estão apresentados na Tab. IV.

Tabela IV: Massa de ZnO depositada segundo o complexante.

Complexante	Massa de ZnO ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
Aço - EDTA	1192,0
Aço - HMT	578,0
Aço - ureia	476,6
Al - EDTA	1443,6

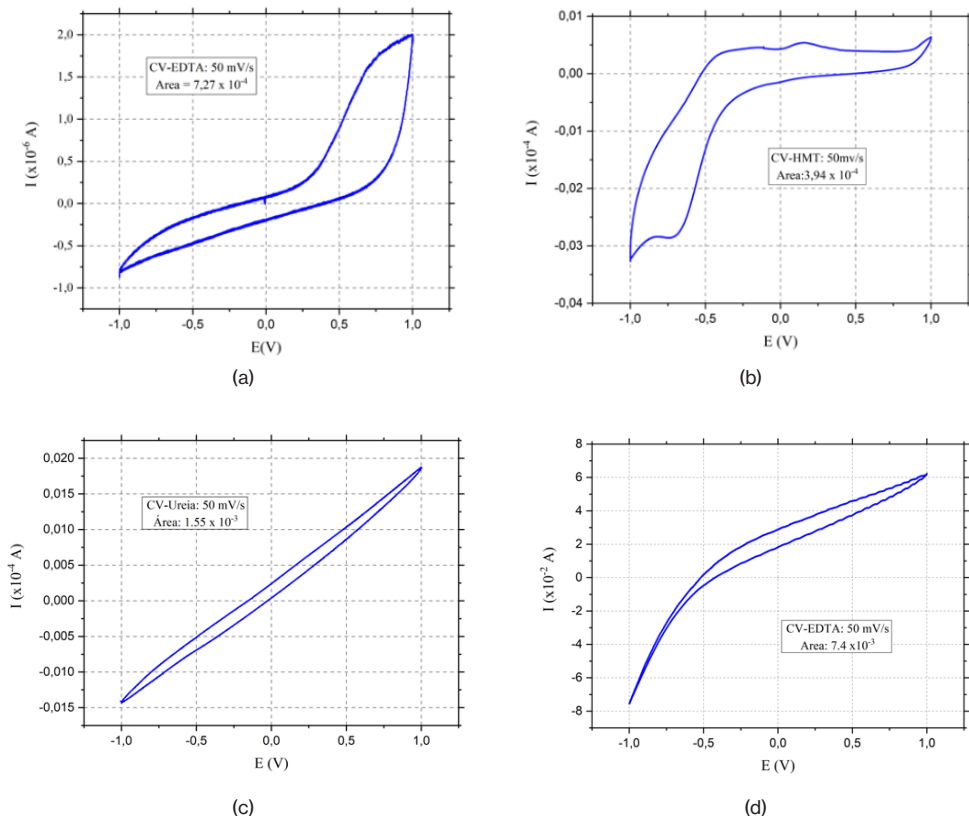
Figura 6: Espectros de difração de raios X obtidos com radiação de Cu K α dos filmes nanoestruturados obtidos com diferentes agentes complexantes: (a) aço - EDTA, (b) aço - HMT, (c) aço - ureia e (d) alumínio - EDTA.



Observa-se nos espectros de raios X dos substratos de aço inoxidável, Figs: 6 (a), 6 (b) e 6 (c), a alta intensidade do pico referente a direção do plano basal (002) da estrutura cristalina do ZnO, indicando forte orientação preferencial, também, observada nas micrografias. Nota-se, entretanto, a presença de outras reflexões nas Figs: 6 (b) e 6(c), considerando-se as massas depositadas, há um forte indicativo que próximo ao substrato ocorreu um crescimento de maior aleatoriedade que posteriormente coalesce e predomina o crescimento na direção do plano basal (002). Quanto a Fig. 6 (d), substrato de alumínio, a quantidade de massa depositada e ausência de uma orientação preferencial corroboram a hipótese sugerida acima. Como observado, houve a formação de nanofios de ZnO finos e longos o suficiente para inclinar-se ao ser retirado do CBD, dando o formato, como observado, de tufo de grama, explicando a orientação preferencial do plano basal (002) mesmo que esta não seja tão predominante como a observada nos substratos de aço inoxidável.

As características elétricas do conjunto substrato com ZnO nanoestruturado depositado foram avaliadas por voltametria cíclica. Os voltamogramas, medidos nas condições informadas na seção 2.2, estão apresentados nas Fig. 7 (a), (b), (c) e (d).

Figura 7: Voltamogramas obtidos para o conjunto substrato/ZnO obtidos por CBD com agentes complexantes: (a) EDTA; (b) HMT, (c) ureia e (d) substrato de alumínio.



Nos pseudocapacitores a energia é armazenada na dupla camada de Helmholtz e por reações de oxirredução nos eletrodos e suas proximidades. A forma dos voltamogramas apresentados nas Fig. 7 (a), (b), (c) e (d), indica o carácter pseudocapacitivo dos conjuntos estudados devido a presença de reações eletroquímicas (Lee et al., 2021; Guerra, 2019).

A Tab. V apresenta a avaliação dos supercapacitores, montados conforme seção 2.3.

Tabela V: Capacitância medida pelo método da carga/descarga.

Complexante	Massa total (g·10 ⁻³)	Capacitância C _{SD} (F)	Capacitância por massa (F·g ⁻¹)
Aço - EDTA	151,77±0,05	0,5±0,1	3,1±0,1
Aço - HMT	149,80±0,05	5,1±0,1	33,9±0,1
Aço - ureia	150,08±0,05	2,4±0,1	16,2±0,1
Al - EDTA	148,70±0,05	3,0±0,1	20,1±0,1

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a morfologia das sementes foi influenciada pela estrutura cristalina do aço inoxidável e do alumínio; esta influência se reflete nas nanoestruturas crescida por CBD.

Os complexantes estudados promoveram crescimento de estruturas morfológicamente semelhantes; porém, voltametria cíclica mostrou um comportamento eletroquímico diferente para as morfologias obtidas com diferentes complexantes.

A influência na capacitância medida apresentou maiores diferenças; para o substrato de aço os maiores valores de capacitância foram obtidos para os eletrodos com menor massa de ZnO (Tab. IV) e com menor orientação preferencial obtidos utilizando HMT e ureia. O EDTA promoveu o maior crescimento e com maior orientação preferencial, porém com baixa capacitância. Para o substrato de alumínio com o crescimento de menor orientação preferencial e com massa semelhante ao do aço-EDTA, a capacitância foi da ordem dos supercapacitores de HMT e de ureia, isto é, com uma ordem de grandeza maior. Estes resultados mostram que os fatores de maior influência para a capacitância foram a massa depositada e a morfologia da nanoestrutura de ZnO.

Vale ressaltar que, os valores de capacitância obtidos neste estudo são menores que os habitualmente reportados na literatura. Entretanto, a capacitância depende das características do eletrodo e do eletrólito. A proposta deste trabalho foi o estudo do emprego de materiais amigáveis ao meio ambiente. Assim como o ZnO, o eletrólito utilizado na caracterização elétrica, sulfato de sódio, é o reagente químico de maior produção mundial, atóxico e biocompatível. Valores maiores de capacitância (Tab. V) poderiam ser obtidos caso fosse aumentada a concentração molar do eletrólito Na_2SO_4 ou empregando-se eletrólitos como, por exemplo, o hidróxido de potássio (KOH) que tem características eletroquímicas superiores ao sulfato de sódio, com a desvantagem de ser mais agressivo ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANDREAS, H. Measurement techniques for performance evaluation on supercapacitor materials and systems. In **Nanostructured ceramic oxides for supercapacitor applications**. Ed: Balakrishnan, A.; Subramanian, K.R.V. Chapter 4, CRC Press, 71-118, 2014.

CONTE, M. Supercapacitors technical requirements for new applications. **Fuel Cells**, v.10, n.5, p.806-818, 2010.

GALEGO, E.; SERNA, M.M.; RAMANATHAN, L.V. A new route to grow ZnO seed layer using SILAR method. **Technical Proceedings of the 2013 NSTI Conference and Expo, NSTI-Nanotech 2013**, v. 03, p.509-512, 2013.

GUERRA, A.; ACHOUR, A.; VIZIREANU, S.; DINESCU, G.; MESSACI, S.; HADJERSI, T.; BOUKHERROUB, R.; COFFINIER, Y.; PIREAUX, J.-J. ZnO/Carbon nanowalls shell/core nanostructures as electrodes for supercapacitors. **Applied Surface Science**, v.481, p.926-932, 2019.

HALDORAI, Y.; VOIT, W.; SHIM, J.-J. Nano ZnO@reduced graphene oxide composite supercapacitor: Green synthesis in supercritical fluid. **Electrochimica Acta**, v.120, p.65-72, 2014.

KIM, B.C.; HONG, J.-Y.; WALLACE, G.G.; PARK, H.S. Recent progress in flexible electrochemical capacitors: electrode materials, device configuration, and functions. **Advanced Energy Materials**, v.5, p.1500959 (1-33), 2015.

RAJ C.J.; RAJESH, M.; MANIKANDAN, R.; SIM, J.Y.; YU, K.H.; PARK, S.Y.; SONG, J.H.; KIM, B.C. Two-dimensional planar supercapacitor based on zinc oxide/manganese oxide core/shell nano-architecture. **Electrochimica Acta**, v.247, p.949-957, 2017.

LAU, S.C.; LIM, H.N.; RAVOOL, T.B.S.A.; YAACOB, M.H.; GRANT, D.M.; MACKENZIE, R.C.I.; HARRISON, I.; HUANG, N.M. A three-electrode integrated photo-supercapacitor utilizing graphene-based intermediate bifunctional electrode. **Electrochimica Acta**, v.238, p.178-184, 2017.

LEE, K.S.; PHIRI, I.; PARK, J.H.; KO, J.M.; KIM, S.H. Novel structure of bacteria doped ZnO particles: Facile and green synthesis route to prepare hybrid material for supercapacitor electrodes. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, in press, 2021.

SIDHU, N.K.; RASTOGI, A.C. Vertically aligned ZnO nanorod core-polypyrrole conducting polymer sheath and nanotube arrays for electrochemical supercapacitor energy storage. **Nanoscale Research Letters**, v.9:453, 2014.

WANG, Z.L. Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications. **Journal of Physics: Condensed Matter**, v.16, p.R829-R858, 2004.

YU, Z.; TETARD, L.; ZHAI, L.; THOMAS, J. Supercapacitor electrode materials: nanostructures from 0 to 3 dimensional. **Energy & Environment Science**, v.8, n.3, p.702-730, 2015.

ZHANG, Q.; DANDENEAU, C.S.; ZHOU, X.; CAO, G. ZnO nanostructures for dye-sensitized solar cells. **Advanced Material**, v.21, p.4087-4108, 2009.

ZHANG, Y.; LI, H.; PAN, L.; LU, T.; SUN, Z. Capacitive behavior of graphene-ZnO composite film for supercapacitors. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v.634, p.68-71, 2009.

ZHANG, Y.; SUN, X.; PAN, L.; LI, H.; SUN, Z.; SUN, C.; TAY, B.K. Carbon nanotube-ZnO nanocomposite electrodes for supercapacitors. **Solid State Ionics**, v.180, p.1525-1528, 2009a.

ABOUT THE ORGANIZER

MARCOS AUGUSTO DE LIMA NOBRE: Assistant Professor and Researcher (2006 - present), with citation name M. A. L. Nobre, at the São Paulo State University (UNESP), School of Science and Technology, Department of Physics, campus at Presidente Prudente-SP. Head and Founder (2002) of the Laboratory of Functional Composites and Ceramics (LaCCeF acronym in Portuguese, the native idiom), Lab certified by PROPE-UNESP/National Council for Scientific and Technological Development/CNPq*. Grants from National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), 2020-2023, 2019-2021 and 2010-2012. Granted with Young-Researcher scholarship by the São Paulo Research Foundation, FAPESP (São Paulo, São Paulo) (2002 - Summer of 2005). Postdoctoral fellow at the Polytechnic School of the University of Sao Paulo (POLI USP-SP) Metallurgy and Materials Science Department with FAPESP Scholarship (1999-summer of 2000). PhD in Science, CAPES Scholarship (Physical Chemistry 1999) by the Chemistry Department, UFSCar-SP. Master in Chemistry CNPq scholarship (Physical Chemistry 1995) by the Chemistry Department, UFSCar-SP. Licentiate degree (4-year of study) in Physics (1993) CNPq and CNPq-Rhae scholarships by the Physics Department, UFSCar-SP. Associate Editor of the Micro & Nano Letters - IET 2019-2020. Associate Editor of the Micro & Nano Letters-Wiley, 2020 - present. Ethical Editor of the Applied Mathematics Science (Reuse) m-Hikari and Modern Research in Catalysis, Irvine-CA, USA (2017- date). Editorial board member of the Artemis Editora, Brazil. Nowadays, have 02 patents. Has published 80 papers at 39 different indexed Journals of renowned Editors. In May/25/2021, has been cited 1379 times, at 76 papers (47 with citations), in according to the ResearchID actual Publons base having an H-index equal to 23. Academic Google score: H = 28, i10 = 45 and 2338 citations. Reviewer of more than three dozen of journals. Have more than 580 communications and presentation in National and International Congress and Symposiums, from these 150 has been published as Conference Paper. Author or co-author of 20 Chapters of book approaching Scientific Divulcation, Teaching of Physic and Chemistry for teachers actuating in the graduating degree. For this, the Nanoscience and Nanotechnology have been the first strategy. Received tens of National and International Awards, Honorable mentions and distinction mentions, as well as titles. Research skills: Materials Science, Advanced Ceramic Processing, Linear and Non-linear Advanced Dielectrics Materials, Solid state chemistry, Impedance spectroscopy of solids and fluids, Structural Characterization via Mid infrared Spectroscopy with Fast-Fourier-Transformed of solid and fluids, Structural and non-structural Phase Transitions in Semiconductor Ferroelectrics. Also, Molecular Interactions in Functional Fluids as biofuels and its blends, probed via mid infrared Spectroscopy. Research interests: New Functional Materials as

amorphous composite based on carbon/nanoparticles and Semiconductor Ferroelectrics.
Member of the Program of Post-Graduation in Chemistry at UNESP - Campus of São José
do Rio Preto, IBILCE UNESP – SP, Brazil.

INDEX

A

Adsorbente 172, 173, 179, 180

Alumínio 182, 183, 184, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 198, 200, 204, 205, 206, 208, 209, 210

Annealing 1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 227

Arsénico 172, 173, 174, 178, 179, 180, 181

AuNR dimer 12, 14, 16, 17, 18, 19

B

Biodiesel 162, 164, 165, 168, 169, 171

Blends 162, 168, 169, 170, 171

Bulk sensitivity 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 73

C

Carboxymethylchitosan 125, 127, 128, 129, 132, 133, 136

Celulose 228, 229, 230, 231, 232, 233

Chemical composition of SS surface 109

Clay 125, 127, 128, 130, 131, 133, 136, 137

Comparison among Silica and reuse of waste 77

COMSOL 14, 15, 68

Conductive tubes 92, 93, 94, 95, 100, 102, 104, 106

Confined water 39, 40, 41, 42, 52, 55, 58, 59, 60, 61, 63, 65

D

DFT 21, 23, 35, 36, 49, 50, 63

Diesel 162, 163, 164, 165, 168, 169, 171

DSSC 213, 214, 217

E

Efluente 172, 173

Evolutionary strategies 151, 156

F

FEM 14, 68

Figure of merit 11, 12, 14, 15, 16, 17, 67, 68, 72, 73, 74

Filmes finos 205, 212, 213
Filter 125, 126, 127, 128, 131, 132, 134, 135, 136, 137
Fits on Mössbauer spectra 151
FoM 15, 16, 17, 18, 19, 68, 74

G

Graphite nanostructures 162

K

$\text{KSr}_2\text{Nb}_5\text{O}_{15}$ ceramic 138, 139, 141, 144, 146

M

Magnetita nanoestruturada 172, 173
Metalurgia do pó 182, 186, 191, 192
Métodos químicos 198, 201, 205
Micro and nano silica 76, 77, 78, 79, 84, 90

N

Nanocomposite 36, 37, 91, 125, 126, 127, 128, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 161, 182, 183, 194, 195, 196, 198, 211
Nanocompósitos 182, 183, 185, 186, 193
Nanocristais 228, 229, 230, 232, 233
Nanoestruturas 182, 198, 200, 201, 202, 206, 210, 213, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 226
Nanograins 1, 2, 3, 9, 138
Nanolithography 39, 40, 41, 42, 45, 50, 62, 64, 66
Nanopartículas 151, 180, 212, 224, 228, 229, 231
Nanostructures 2, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 22, 23, 25, 38, 61, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 138, 162, 170, 211, 213, 226, 227
Nanostructures surface 21, 22, 23
Nanotechnology 12, 20, 62, 66, 102, 106, 126, 138, 162, 183, 195, 213, 226
Nanotecnologia 182, 212
 NiFe_2O_4 nanoparticles 150, 151, 153

O

Oxidation 39, 40, 41, 42, 53, 55, 59, 64, 65, 91, 109, 117, 118, 121
Óxido de grafeno reduzido 182, 183, 186

Óxido de zinco 197, 213

P

Papel reciclado 228, 229, 232, 233

Perfectly matched layer 11, 12, 15, 68, 69

PIII in magnetic field 109

Plasma immersion ion implantation 92, 93, 94, 107, 108, 109, 122, 123, 124

R

RI 15, 16, 67, 68, 72, 73

Rice husk Silica 77

Rolling 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9

Rough rolls 1, 2, 3, 8, 9

S

SILAR 198, 200, 201, 204, 205, 206, 210, 212, 213, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 226

Silica Morphology 77, 83

Silver nanoparticles 74, 125, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 136, 137

Supercapacitores 197, 198, 199, 200, 202, 209, 210

Surface 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 75, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 129, 152, 160, 161, 173, 211, 213, 226, 227

Surface modification 37, 38, 92, 93, 106, 109, 110

U

Ultrananocrystalline Diamond Films 93, 108

V

Viscosity 89, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171

X

X-ray photoelectron spectroscopy 42, 92, 96, 103, 108, 109, 111, 123

Z

ZnO 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

ZnO nanocrystals 21, 23, 25, 35



**EDITORA
ARTEMIS**