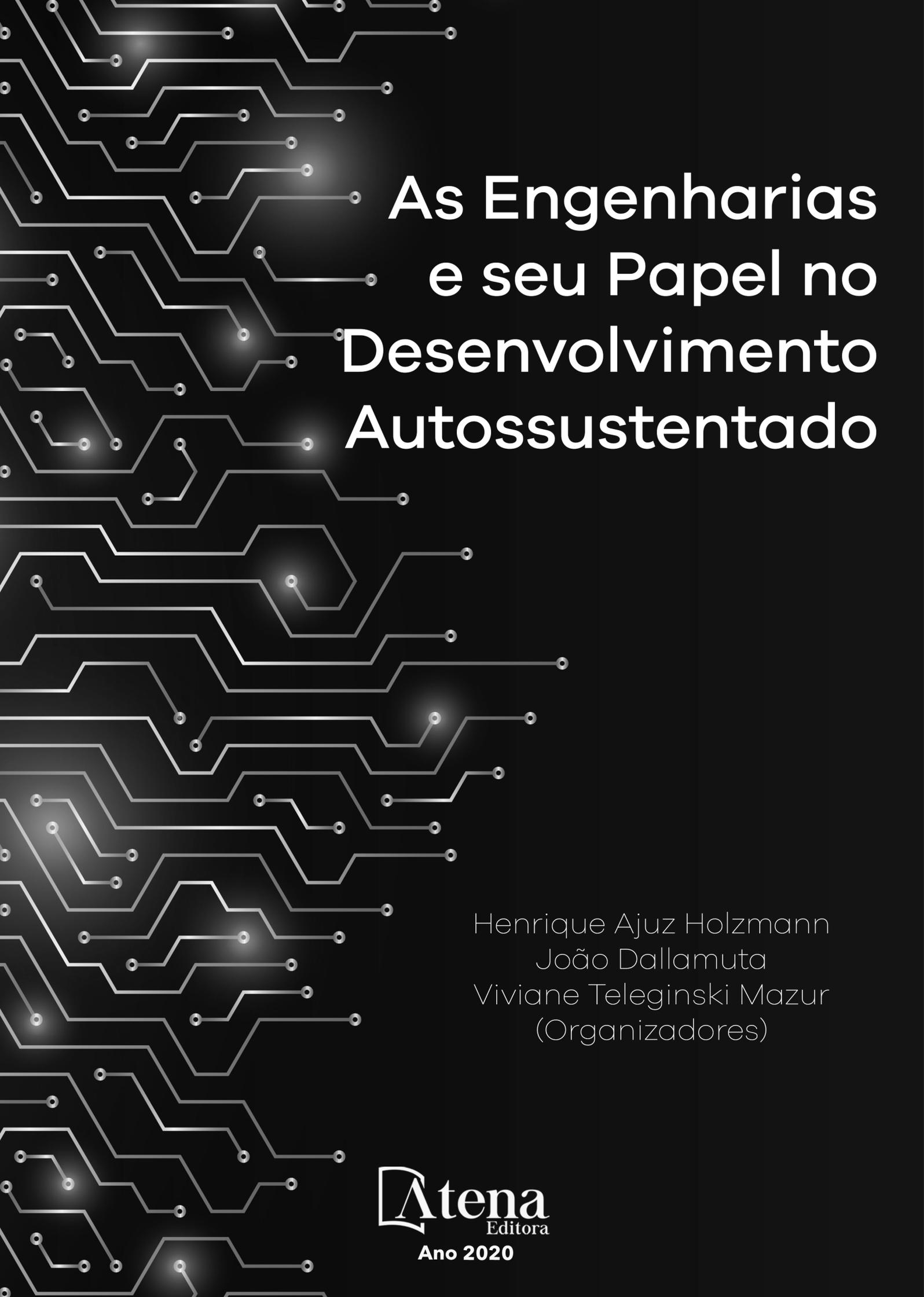


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020



As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|--|
| E57 | <p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-146-6 DOI 10.22533/at.ed.466203006</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA E DEMANDA ENERGÉTICA PARA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL | |
| Mailson Gonçalves Morais Gian Lucas Martins Vagner Silva Guilherme DOI 10.22533/at.ed.4662030061 | |
| CAPÍTULO 2 | 14 |
| ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL | |
| Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062 | |
| CAPÍTULO 3 | 28 |
| INVESTIGAÇÃO DAS GRANDEZAS QUE IMPACTAM NA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA | |
| Giancarlo de França Aguiar Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar DOI 10.22533/at.ed.4662030063 | |
| CAPÍTULO 4 | 40 |
| NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN) | |
| Alexandre Fernandes Santos Pedro Dinis Gaspar Heraldo José Lopes de Souza DOI 10.22533/at.ed.4662030064 | |
| CAPÍTULO 5 | 58 |
| MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL | |
| Lucas Novaki Ribeiro Rafael Traldi Moura DOI 10.22533/at.ed.4662030065 | |
| CAPÍTULO 6 | 67 |
| CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA | |
| Robson Eduardo dos Anjos Schneider Aline Brum Loreto Eduardo Rorato Guarienti Matheus Brondani de Vargas DOI 10.22533/at.ed.4662030066 | |
| CAPÍTULO 7 | 78 |
| CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS | |
| Arthur Coutinho de Araújo Pereira Pedro Henrique Tomaz Fernandes Carlos Antônio Taurino de Lucena Ângelo Vieira Mendonça DOI 10.22533/at.ed.4662030067 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 8 | 95 |
| UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS | |
| Marcelo Henrique Belonsi Maria Francisca da Cunha Manoel Moraes Junqueira DOI 10.22533/at.ed.4662030068 | |
| CAPÍTULO 9 | 103 |
| DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA | |
| Lays Cristina Gama Lopes Luiz Fernando Cótica Ivair Aparecido dos Santos DOI 10.22533/at.ed.4662030069 | |
| CAPÍTULO 10 | 119 |
| SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID PARA UM SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR DE UM GRAU DE LIBERDADE | |
| Isabela Kimie Ota Daniel Almeida Colombo DOI 10.22533/at.ed.46620300610 | |
| CAPÍTULO 11 | 124 |
| AVALIAÇÃO DO USO DE MÓDULOS TERMOELÉTRICOS COMO DISPOSITIVO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA | |
| Marco Antonio Rodrigues de Brito Marcus Costa de Araújo DOI 10.22533/at.ed.46620300611 | |
| CAPÍTULO 12 | 141 |
| VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO COM BIODIESEL | |
| Elba Gomes dos Santos Leal Rui Carlos de Sousa Mota Ricardo Guilherme Kuentzer Bento Pereira da Costa Neto Danilo Matos Moura DOI 10.22533/at.ed.46620300612 | |
| CAPÍTULO 13 | 154 |
| COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES DO SEGMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS | |
| Mauro Donizeti Berni Paulo Cesar Manduca DOI 10.22533/at.ed.46620300613 | |
| CAPÍTULO 14 | 162 |
| DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE IMPACTO POR QUEDA DE PESO EM BORDA DE COMPÓSITOS | |
| João Pedro Inácio Varela Joseph Bruno Rodrigues Almeida Wanderley Ferreira de Amorim Júnior DOI 10.22533/at.ed.46620300614 | |

CAPÍTULO 15 176

PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Aline Domingues Gomes

Lucas de Souza Borban

Jean César Marinozi Vicentini

DOI 10.22533/at.ed.46620300615

CAPÍTULO 16 191

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA FIBRA DE COCO VERDE NA ADSORÇÃO DE COMPOSTOS PROVENIENTES DO PETRÓLEO

Isadora Barreto Coutinho

Inês Aparecida Santana

Antonia Miwa Iguti

DOI 10.22533/at.ed.46620300616

CAPÍTULO 17 203

APLICABILIDADE DE NANOCOMPÓSITOS A BASE DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS

Anne Caroline da Silva Rocha

Livia Rodrigues de Menezes

Emerson Oliveira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.46620300617

CAPÍTULO 18 212

DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR Nb_2O_5 SUPORTADO EM SiO_2

Thais Delazare

Rodrigo da Silva Neu

Emerson Schwingel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.46620300618

CAPÍTULO 19 221

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE $Ba_xSr_{1-x}Co_yFe_{1-y}O_{3+\Delta}$ PARA PREPARAÇÃO DE CAMADA FUNCIONAL DO ELETRODO CATÓDICO DAS CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO IT-SOFC

Mariana Lima

Everton Bonturim

Marco Andreoli

Nelson Batista de Lima

Emília Satoshi Miyamaru Seo

DOI 10.22533/at.ed.46620300619

CAPÍTULO 20 231

ESTUDO DA FIBRA DA URTIGA E DO ALGODÃO COLORIDO ORGÂNICO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA O VESTUÁRIO POR MEIO DO CRUZAMENTO DE FIBRAS

Giulia Mendonça Tenorio de Alburquerque

Ronaldo Salvador Vasques

Fabício de Souza Fortunato

Camila Pereira

DOI 10.22533/at.ed.46620300620

CAPÍTULO 21 239

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA

Caroline Schuch Klein
Ana Beatriz Pires da Silva
Ronaldo Salvador Vasques
Luciane do Prado Carneiro
Fabrício de Souza Fortunato

DOI 10.22533/at.ed.46620300621

CAPÍTULO 22 247

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Tamires Barlati Vieira da Silva
Ana Paula da Silva Sbrunhera
Priscila Dayane de Freitas Santos
Thaysa Fernandes Moya Moreira
Anielle de Oliveira
Fernanda Vitória Leimann Bogdan
Demczuk Junior

DOI 10.22533/at.ed.46620300622

CAPÍTULO 23 259

CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Marcello Lima Bertuci
Lígia Boarin Alcalde
Sílvia Maria Martelli
Évelin Marinho de Oliveira
Angela Dulce Cavenaghi Altemio

DOI 10.22533/at.ed.46620300623

CAPÍTULO 24 265

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Pierre Correa Martins
Gabriel Alexandre Clemente
Pedro Passador Bittencourt de Sá
João Alves de Medeiros Neto
Heloísa Barbosa de Oliveira
Lara Patrício Ferreira
Daniel Felipe Lima Soares
Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira
Raquel de Medeiros Neto
Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa
Joselma Araújo de Amorim
Vital de Souza Queiróz

DOI 10.22533/at.ed.46620300624

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

ÍNDICE REMISSIVO 280

ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL

Data de aceite: 19/06/2020

Victor Rocha Grecco

RESUMO: O presente projeto de pesquisa teve como objetivo geral desenvolver e estudar materiais semicondutores aplicados a energias renováveis. Para isso, foram produzidos e caracterizados filmes finos de óxidos semicondutores de titânio (TiO_2) e cobre (Cu_2O) pelo processo de eletrodeposição. Esses materiais podem ser utilizados futuramente como fotoeletrodos para a produção de H_2 mediante processos fotoeletroquímicos, em células solares, em células solares sensibilizadas por um corante (DSSC – Dye sensitive solar cell), etc. As propriedades físicas dos filmes foram investigadas através de Difração de Raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM). Filmes de Cu_2O eletrodepositados sobre os filmes de TiO_2 , também foram produzidos neste trabalho, obtendo-se assim as heterojunções (p-n) de $\text{Cu}_2\text{O}/\text{TiO}_2$.

PALAVRAS CHAVE: Óxido de cobre, óxido de titânio, eletrodeposição, energias renováveis.

ABSTRACT: The present study focuses

on produce and characterize thin films of semiconductor oxides, such as, titanium oxide (TiO_2) and copper oxide (Cu_2O). The physical properties of those semiconductors allow them to be applied in renewable energy, such as, solar cells [1], photoelectrodes for hydrogen production [2] and Gratzel cell/ dye sensitive solar cell [3]. The films was produced using the potentiostatic electrodeposition method, which consist at fix a potential over time, where the current is monitored by a current transient. The solution used in the deposition of TiO_2 films consist of 0.02M TiOSO_4 , 0.1M KNO_3 and 0.06M H_2O_2 , with $\text{pH} = 2$, at room temperature (around 20 °C) on ITO/glass substrate. Cyclic voltammetry was made to investigate the reduction potential to be fixated during the electrochemical deposition, that potential was -1.1 V (see figure a.). Through a current transient is possible to control the desired charge of deposited materials, the charge was -1 C for all samples. After the deposition, the films were subjected to a heat treatment in environment atmosphere at temperature of 500 °C. Scanning electronic microscopy (MEV) and x-ray diffractions (DRX), were also done, getting information about the morphology and crystallinity of the films respectively as show in figure b and c.

KEYWORDS: Copper oxide, titanium oxide,

electrodeposition, renewable energy.

1 | INTRODUÇÃO

A produção de energia baseada em combustíveis fósseis libera CO_2 para a atmosfera, contribuindo com o aumento do efeito estufa e da temperatura global [1, 2, 3]. Para minimizar impactos ambientais, a busca por fontes de energia limpa e renovável é de interesse mundial.

Nessa busca, o processo de obtenção de H_2 a partir da redução fotoeletroquímica da água tem sido uma alternativa. Uma célula fotoeletroquímica (PEC) é composta por dois fotoeletrodos (o fotocátodo e o fotoânodo) mergulhados em um eletrólito aquoso [4]. Esse processo necessita que se aplique uma diferença de potencial entre os eletrodos para que a reação de quebra da molécula de água ocorra [3]. Visando minimizar ao máximo esse potencial aplicado, é possível utilizar um eletrodo foto sensível (semicondutores) irradiando-o com luz, para que o processo de decomposição da água ocorra em potenciais muito mais baixos. O ideal seria encontrar um material que trabalhe em potencial próximo de zero, usando a luz solar para promover a reação de quebra da molécula de água.

As células fotoeletroquímicas (PECs, do inglês *photoelectrochemical cell*) podem converter energia luminosa em eletricidade e quando a luz incide sobre o fotoeletrodo com energia acima da energia do gap, ocorre a formação de pares elétron-buraco viabilizando a reação. Recentemente, em um trabalho publicado na revista Nature [7], foi demonstrado que o semicondutor Cu_2O -p pode ser um bom fotocátodo desde que sua superfície seja revestida por algumas camadas de outros materiais que aumentam a resistência à corrosão em meio aquoso. As fotocorrentes atingidas para os filmes de Cu_2O foram da ordem de $-5,7 \text{ mA/cm}^2$ com camadas protetoras e tratamento térmico, porém ainda distante do valor teórico de $-14,7 \text{ mA/cm}^2$ para o Cu_2O [7].

Um material também usado como fotoeletrodo é o TiO_2 que é um semicondutor tipo n e resistente a corrosão em meio aquoso, porém seu gap óptico é de 3,2 eV, limitando seu uso à faixa do ultravioleta. No entanto, o gap do Cu_2O é 2,17 eV, podendo assim absorver luz também no espectro visível [8, 9, 10].

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Deposição Eletroquímica

A eletrodeposição, deposição eletroquímica ou eletrossíntese é um processo onde reações de oxirredução envolvendo íons dissolvidos em um eletrólito resultam na formação de depósitos sobre um substrato. Para isso deve-se utilizar um sistema que contenha um circuito externo, duas interfaces de eletrodo com eletrólito e uma solução eletrolítica, onde três eletrodos são submersos. Esses três eletrodos são: O eletrodo de referência, o eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo. Esse sistema está demonstrado na figura 1:

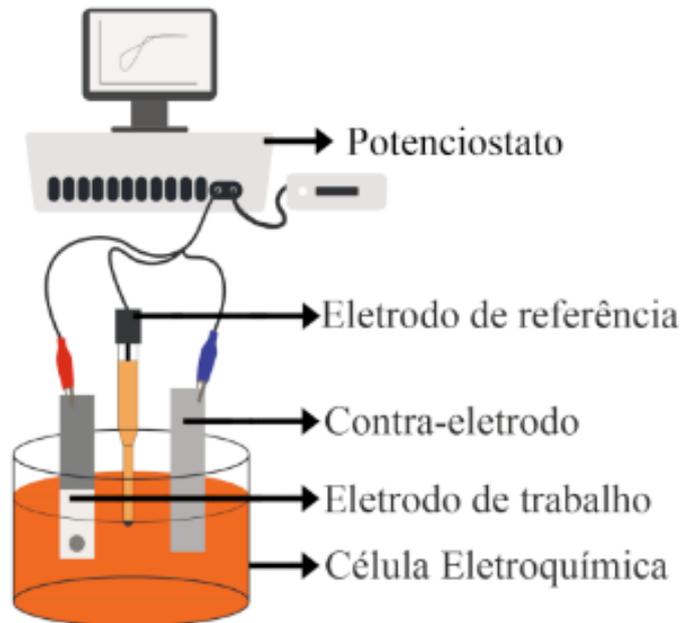


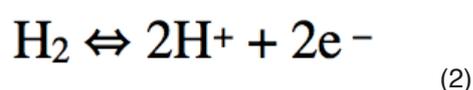
Figura 1: Aparato experimental para a realização da eletrodeposição (potenciostato e célula eletroquímica).

A transferência de carga através de uma interface eletrodo/eletrólito promove reações químicas que são tratadas em eletroquímica como semi-reações de oxidação e redução. Para cada reação ocorrer na natureza, é necessário que a interface tenha uma energia mínima para a ocorrência dessas reações. Essa energia está associada a diferença de potencial ΔV entre eletrodo e eletrólito, e o potencial mínimo para a ocorrência da reação é o chamado potencial de oxi-redução ou potencial redox (V_{redox}). O valor de V_{redox} depende de vários fatores, tais como concentração dos íons, temperatura (T) do processo e afinidade química [17]. Essas dependências estão resumidas na equação de Nernst (BARD; FAULKNER, 2001; MEMMING, 2001):

$$V_{redox} = V_{0,redox} + (RT/nF)\ln(A_{ox}/A_{red}) \quad (1)$$

onde A_{ox} e A_{red} são as atividades químicas das espécies Ox e Red, respectivamente, $V_{0,redox}$ é o potencial redox quando $A_{ox} = A_{red}$, R é a constante dos gases ideais, n é o número de mols de elétrons transferidos e F é a constante de Faraday.

No entanto, diferença de potencial é uma grandeza relativa, e por isso é necessário a comparação deste valor com uma escala eletroquímica padrão de potenciais. A escala padrão aceita pela comunidade científica é a escala do eletrodo-padrão de hidrogênio (SHE, Standard Hydrogen Electrode), no qual ocorre a seguinte reação (BARD; FAULKNER, 2001):



É acordado que essa reação ocorra a potencial nulo, e a diferença de potencial para a ocorrência de qualquer outra semi-reação é referenciada em relação a ela. Com o conhecimento dos potenciais de oxidação (redução) de determinado íon presente em um eletrólito, o controle da diferença de potencial ΔV permite o controle da taxa com que a reação ocorre [17].

A formação do gel de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ se dá da seguinte maneira: com a redução do nitrato NO_3^- no cátodo ocorre o aumento de pH da interface eletrodo/eletrólito, este aumento de pH por sua vez leva à hidrólise do precursor TiO^{2+} . Devido a insolubilidade das moléculas de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ocorre a continuação do processo eletroquímico onde há uma conexão dessas moléculas formando uma rede, localizada na superfície do cátodo. Durante este processo a rede fica dispersa causando uma suspensão chamada sol. Com a continuação do processo criam-se redes cada vez maiores. Por fim é criado o gel de oxi-hidróxido de titânio ($\text{TiO}(\text{OH})_2$) que sofre uma desidratação por meio de um tratamento térmico e obtêm-se TiO_2 cristalino e mesoporoso, o que contribui no aumento de área superficial desses filmes. [11, 17]. Tais processos descritos acima estão representados resumidamente na figura 2 abaixo

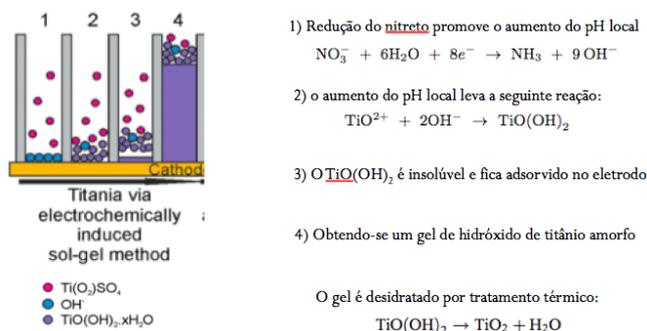


Figura 2: Esquema demonstrando as etapas de formação do gel de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ e dos filmes de TiO_2 após desidratação do gel mediante tratamento térmico (500°C) [11].

Existem duas técnicas eletroquímicas utilizadas para o crescimento de materiais. Uma delas é a deposição **potenciostática**, na qual se promove as reações de oxi-redução mantendo constante a diferença de potencial elétrico entre o eletrodo de trabalho (ET) e o eletrodo de referência (ER), enquanto se registra os valores de corrente elétrica entre o eletrodo de trabalho e o contra eletrodo. A curva que representa o comportamento da corrente de deposição em função do tempo é denominada transiente de corrente. A outra técnica é a deposição **galvanostática**, em que se cresce o material mantendo fixo o valor da corrente elétrica entre o eletrodo de trabalho e o contra eletrodo, independente dos valores observados para o potencial elétrico entre os eletrodos de referência e o de trabalho, os quais podem ser registrados em função do tempo (transiente de tensão) [15].

2.1 Voltametria Cíclica

Para a realização da voltametria cíclica é usado um potenciostato. Esta é uma técnica de varredura de potencial, que tem como objetivo encontrar informações sobre as correntes que ocorrem durante as reações. Se chama voltametria cíclica porque começa e termina no

mesmo potencial, e vai varrendo os valores de potencial até o valor selecionado previamente. Na figura 3 (a) observa-se que o potencial sai de um potencial inicial vai até um ponto de potencial, pré-estabelecido, e retorna ao seu potencial inicial. Seguindo a seta, quando o potencial diminui a corrente catódica aumenta até um máximo da mesma (em módulo), e depois passa decair até o potencial escolhido. Quando chega a este potencial a varredura vai no sentido oposto, onde o potencial aumenta, o que faz a corrente anódica aumentar até um máximo. Após esse máximo a corrente anódica passa a diminuir. É utilizando esses picos que, geralmente, se tiram as informações necessárias, por exemplo para a realização de uma deposição eletroquímica.

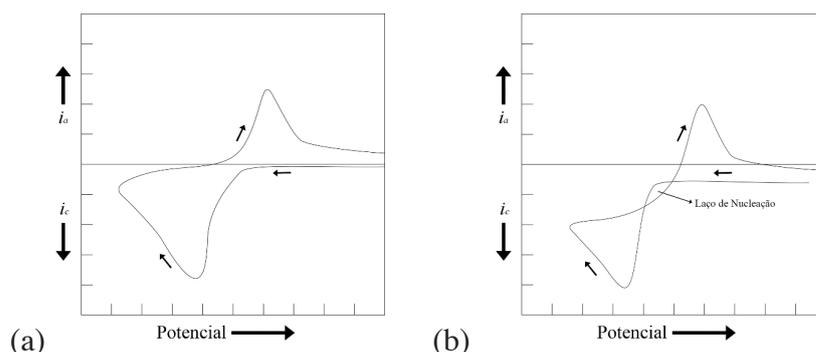


Figura 3: (a) Voltametria cíclica, onde i_a é a corrente anódica e i_c é a corrente catódica. (b) Outra voltametria cíclica com um laço de nucleação.

Na figura 3 (b) pode-se observar o caso de voltamograma, onde há a presença de um laço de nucleação. A formação dos mesmos ocorre quando o material do substrato é diferente do depositado sobre ele. Assim, necessitam de mais energia para se fixarem na superfície do eletrodo durante a formação de núcleos, e por isso há este laço observado na figura, que é conhecido como laço de nucleação [15].

3 | METODOLOGIA

Nesta seção, serão apresentados os procedimentos experimentais utilizados na síntese e caracterização dos filmes de TiO_2 depositados sobre ITO/vidro (Óxido de estanho-índio) e Cu_2O depositado sobre TiO_2 /ITO/vidro. O método de eletrossíntese potencioestática (conforme seção 2.1) foi utilizado para obter os filmes de hidróxido de titânio (amorfo) e em seguida foram submetidos a um tratamento térmico obtendo-se TiO_2 (cristalino). O procedimento descrito de forma detalhada e as etapas necessárias para a preparação dos filmes consta nas próximas seções.

3.1 Preparação dos eletrodos de Trabalho

Os substratos de ITO/ vidro foram cortados em quadrados de aproximadamente 1 cm^2 e limpos. O corte é feito pelo lado não condutor, que é verificado utilizando-se um multímetro. A limpeza é realizada seguindo o procedimento que contém os seguintes passos, nessa ordem:

- i) Em um béquer com 50% de detergente e 50% de água deionizada (18 Mega Ohms de condutividade) colocar o substrato para agitar durante 380 s no ultrassom
- ii) Em um béquer com acetona colocar o ITO/vidro por 380 s no ultrassom
- iii) Em um béquer com álcool colocar o substrato por 380 s no ultrassom
- iv) Retirar o substrato e secar o excesso com nitrogênio

A montagem do eletrodo de trabalho está demonstrada na Figura 1. Cada substrato é fixado a uma haste de aço inox através de uma fita adesiva dupla-face, com a face do filme de ITO voltada para cima. Abaixo da fita ligando a face condutora (ou seja, o ITO) à haste foi utilizado um fio de cobre, proporcionando um contato elétrico (ôhmico) entre a haste e o ITO. A fita adesiva dupla-face contém um orifício de 0,5 cm² para deixar esta área do substrato (ITO) ficar exposta (em contato com a solução) para a realização da deposição do filme. Após a fixação da fita adesiva o eletrodo é enxaguado com água deionizada logo antes de ser colocado dentro da solução eletrolítica.

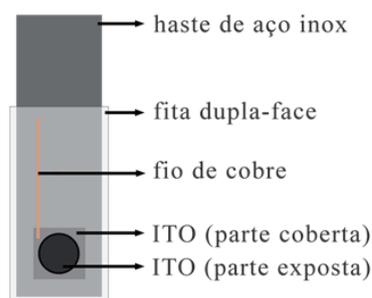


Figura 4 – Esquema de montagem do eletrodo de trabalho (ET).

3.2 Preparação do eletrólito de TiO₂ e Cu₂O

No preparo a solução de TiO₂ (100 ml) foram utilizados os seguintes reagentes: H₂O deionizada, 0,3 g de TiOSO₄ (oxi-sulfato de titânio), assim como 1,01 g de KNO₃ (nitrato de potássio) e também 0,2 g de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio). Essa solução utilizada neste trabalho é baseada no trabalho anterior de Karuppuchamy et al. (2002). A forma de preparo seguiu os seguintes passos:

- i) Foram acrescentados, nesta ordem, água deionizada, preenchendo 50% do volume, 0,3 g de TiOSO₄, assim como 1,01 g de KNO₃ e também 0,2 g de H₂O₂.
- ii) A solução é colocada em agitação magnética por aproximadamente 50 minutos (a 40 rpm).

A solução mostra aparência de cor branca até a adição de H₂O₂, quando essa então fica de uma tonalidade alaranjada. Também se nota que a princípio a solução possui um aspecto turvo, aspecto que logo dá lugar a uma aparência mais translúcida com uma precipitação.

Após esta precipitação foi realizado o procedimento para medir o pH desta solução, que resultou num valor aproximado de 1,83.

Agora, vamos discutir resumidamente os procedimentos para a eletrodeposição e Cu_2O , que já foi largamente estudada pelo grupo LFFS [14, 15, 18]. Os substratos utilizados para a deposição de óxido de cobre foram filmes de óxido de titânio eletrodepositados em lâminas ITO (como descrito acima). Assim, o eletrodo de trabalho está pronto para ser mergulhado no eletrólito (solução) para o início da deposição. A reação eletroquímica envolvida na deposição de Cu_2O é a redução de Cu^{2+} representada pela reação: $2 \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$. A redução do Cu^{2+} , dependendo do potencial aplicado, também pode levar a formação de depósitos de cobre através da reação $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$. Para uma mesma solução aplicando-se potenciais mais negativos, da ordem de - 0,8 V, teremos a redução de íons de cobre e o crescimento de uma camada de cobre. A deposição de Cu_2O do tipo p é normalmente favorecida em ambiente básico, enquanto que a deposição do tipo n é favorecida em ambientes com valores menores de pH, sendo o potencial de deposição do $\text{Cu}_2\text{O-p}$ (- 0,5 V), menor (em módulo) do que o do Cu (- 0,8 V) metálico. Para se definir os potenciais de eletrodeposição adequados para o crescimento dos óxidos de cobre do tipo p e n é necessário que se façam voltametrias, porém usamos resultados já conhecidos na literatura para depositá-lo sobre TiO_2 . O eletrólito utilizado é a solução composta por 0,4 M CuSO_4 (sulfato de cobre), 3,0 M $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (ácido láctico) e NaOH (hidróxido de sódio), onde o ácido láctico serve como complexante dos íons de Cu de modo a minimizar os efeitos de precipitação no eletrólito [14, 15]. A temperatura durante a deposição foi mantida em 23 °C e o pH ajustado em 7,5. O potencial de deposição foi de - 0,5 V, obtendo-se assim $\text{Cu}_2\text{O-p}$ sobre TiO_2 (conforme apresentado a seguir na figura 8b).

3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A caracterização morfológica dos filmes produzidos foi realizada através de um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV-FEG) modelo JOEL JSM-6701F. Essa técnica de caracterização permite alcançar aumentos muito maiores do que seria possível através de um microscópio óptico com precisão de nanômetros ou angstroms (dependendo da energia do feixe incidente). Ao incidir sobre a amostra o feixe (PE) produz a emissão de diversas radiações, tais como: fótons de raios-x (característicos), elétrons retroespalhados (backscattering) (BSE) e elétrons secundários (SE) cujos mecanismos de emissão estão respectivamente representados na figura 5.

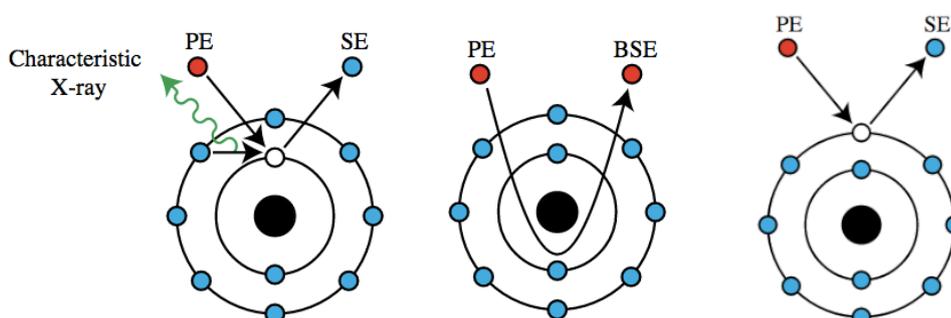


Figura 5: mecanismo de emissão de raios-x (característicos), elétrons retroespalhados (BSE) (backscattering) e elétrons secundários (SE) respectivamente, originados através da interação do feixe (PE) de elétrons com os átomos de uma amostra [6].

Oriundos de espalhamentos inelásticos, os elétrons secundários (SE) são emitidos de muito perto da superfície da amostra, produzindo imagens de alta resolução. Por outro lado, os elétrons retroespalhados (BSE) são elétrons do feixe que foram refletidos da amostra elasticamente. Eles emergem de locais mais profundos e conseqüentemente a resolução das imagens de BSE é geralmente mais pobre do que imagens de SE.

A emissão de fótons de raio-x característico, ocorre através de espalhamento inelástica. Assim, a interação do feixe de elétrons com átomos da amostra gera uma vacância eletrônica, e quando um outro elétron ocupa essa vacância se gera um fóton, que é o raio-x característico. A energia desse fóton é usada para identificar um determinado elemento da amostra, para isso é instalado um detector de raio-x na câmara a vácuo do MEV. E dessa forma, tendo um detector de raios-x, pode-se identificar os elementos químicos presentes na amostra (ex: Si, Au, Cr, Ti, O, Cu, etc). Esta análise é conhecida como Espectroscopia por dispersão de energia (EDS).

3.4 Difração de Raios-X

A caracterização estrutural dos filmes foi realizada através da técnica de Difração de Raios-X (DRX) em filmes finos de oxido de titânio tratados em ar e sem tratamento algum. A difração de raios-X é um fenômeno de interação entre a radiação eletromagnética e a mataria ordenada. Uma condição para que ocorra a difração é que o comprimento de onda da radiação incidente seja da mesma ordem de grandeza do espaçamento interatômico do material analisado.

A Figura 6 (a) representa os planos cristalinos de um sal NaCl em (b) temos os raios-x incidindo e refletindo sobre os planos e em (c) a geometria esquemática dos raios incidentes e refletidos sobre dois planos cristalinos.

A difração é observada quando os raios refletidos (ou seja, 1' e 2' da figura 6c) interferem construtivamente. Esta condição ocorre quando $2d\sin\theta$ é igual a um número inteiro (m) de comprimentos de onda (λ). Caso contrário a interferência é destrutiva.

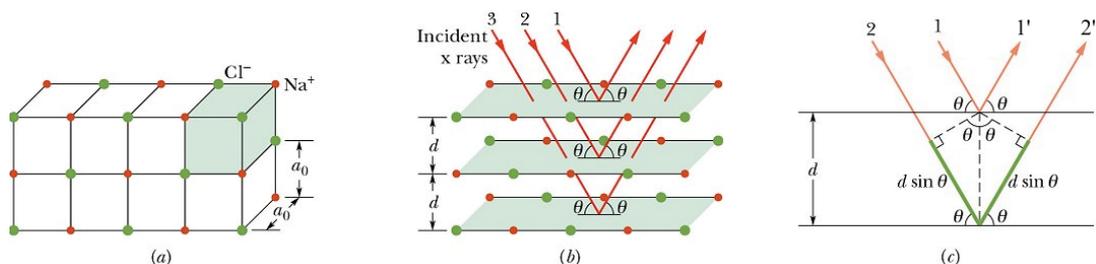


Figura 6: (a) planos cristalinos de um sal NaCl, (b) raios-x incidindo e refletindo sobre os planos, (c) geometria esquemática dos raios incidentes e refletidos sobre dois planos cristalinos.

A condição de difração fica então estabelecida pela lei de Bragg representada pela

equação:

$$2 d \operatorname{sen}(\theta) = m \lambda$$

$$m = 1, 2, 3, \dots$$

Onde d é a distância entre os planos cristalinos, θ é o ângulo de incidência do feixe e λ é o comprimento de onda do feixe incidente (1.54 Å), por fim m é um número inteiro. Cada direção de cada face (ou plano) do material é descrita através de vetores perpendicular ao plano em questão. Os vetores que representam as direções são identificados por três índices entre colchetes desta forma: [x y z]. E os vetores que representam os planos são representados por índices entre parênteses (h k l), conhecidos como Índices de Miller [15].

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Voltametrias

Na realização das voltametrias e das deposições dos filmes foi montada a seguinte configuração: mergulhou-se três eletrodos na solução eletrolítica. O eletrodo de trabalho foi o ITO de acordo com o procedimento descrito na seção 3.1 e demonstrado na figura 4. O contra eletrodo foi uma lâmina de platina. E o eletrodo de referência o calomelano saturado (SCE, Saturated Calomel Electrode, eletrodo de calomelano saturado). Estes três eletrodos estavam conectados a um potenciostato (AutoLab) que monitora a corrente e o potencial entre o eletrodo de referência e o eletrodo de trabalho.

As voltametrias foram utilizadas para monitorar a corrente em função do potencial que atua no eletrodo de trabalho. Existem parâmetros que podem influenciar no comportamento das reações eletroquímicas. Esses fatores são por exemplo: pH da solução, velocidade de varredura, temperatura da solução etc. Para avaliar a influência do pH da solução foram realizadas voltametrias em pH igual a 2 e 3 aproximadamente (e com temperatura constante), conforme figura 7a. Já para a variável da velocidade de varredura, foram fixadas 10 mV/s, 20 mV/s e 30 mV/s, conforme figura 7b. E por fim, para analisar a influência da temperatura fixou-se os valores de 15 °C e 23 °C durante o processo de voltametria (com pH constante de 1.8 e velocidade de varredura 10 mV/s), conforme figura 7c. A influência do substrato de Au evaporado sobre silício [100] e ITO durante a varredura está representada na figura 7d.

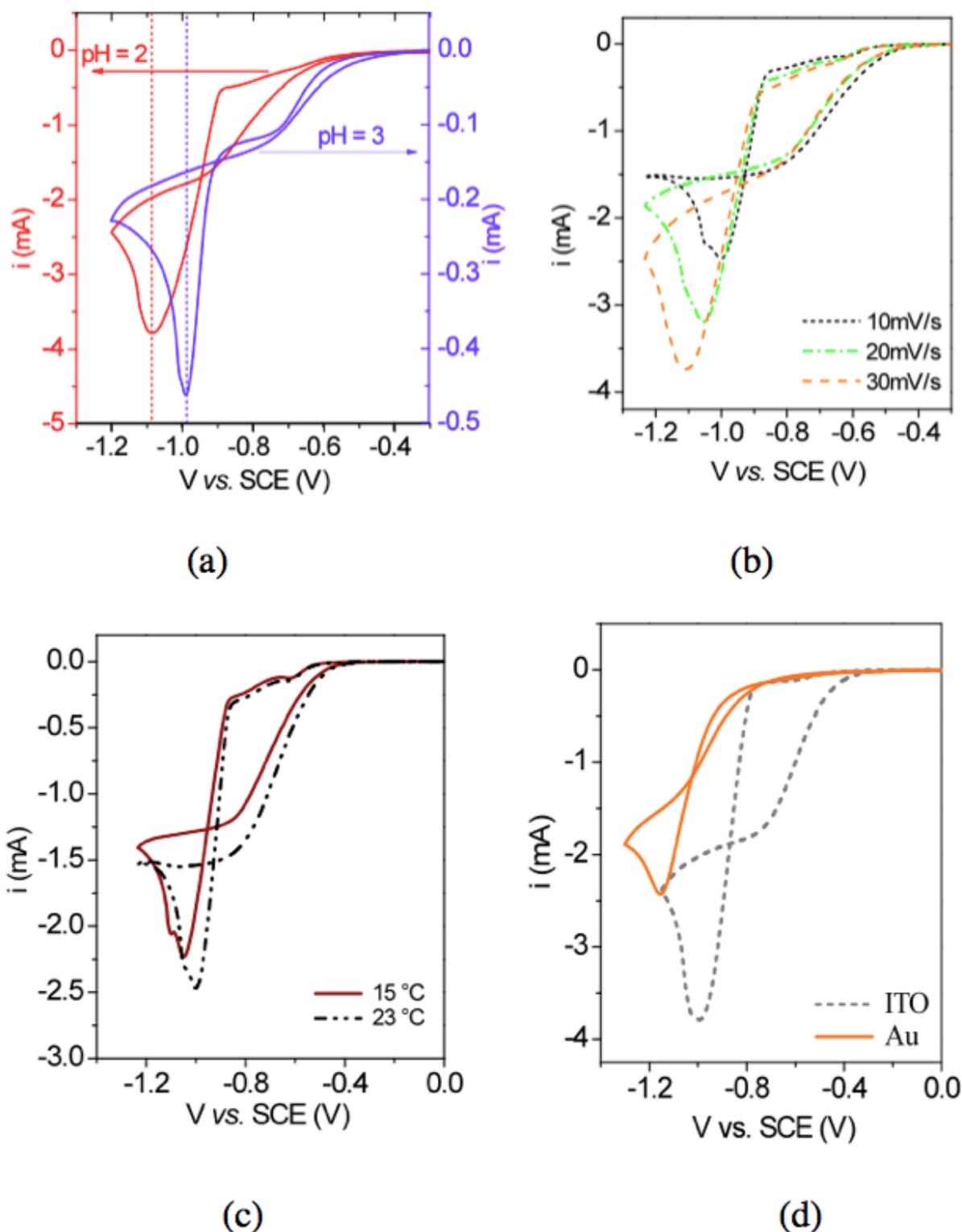


Figura 7: Voltamogramas de filmes finos de TiO_2 em substrato de ITO/vidro em função do pH da solução (a) e em função da velocidade de varredura (b) em função da temperatura (c) e em função. (d) Voltamogramas de filmes finos de TiO_2 em substrato de ITO/vidro e também Au/Si [100].

Analisando a influência do pH da solução durante a voltametria (figura 7a), observa-se que para eletrólitos mais ácidos temos correntes de deposição maiores, devido a maior concentração de íons H^+ disponíveis no processo. O laço de nucleação quase não aparece para pH igual a 3, a corrente é menor e o potencial também é menor (em módulo). Ao final da varredura, o filme não aderiu ao substrato. Neste caso, a corrente é muito pequena,

insuficiente para gerar depósitos que cobram todo o substrato, diminuindo assim o laço de nucleação.

Na figura 7b, observa-se que para velocidades menores (10 mV/s), o pico de potencial de deposição ocorre antes, já que o processo é mais lento e dispõe de mais tempo para que todo o filme depositado cubra o substrato. Em processos mais rápidos (20 mV/s e 30 mV/s) é necessário um potencial mais elevado (em módulo), para que o filme cubra o substrato por completo. Uma velocidade de varredura maior também implica em uma maior corrente (toda a cinética do sistema é aumentada).

A cinética do sistema também aumenta com a temperatura. O aumento da energia cinética dos íons solvatados, faz com que mais íons tenham a energia suficiente para chegar à superfície do eletrodo e então na superfície possam ser reduzidos [17]. Na figura 7c, observa-se uma corrente de deposição maior, no processo realizado em maior temperatura. Já o deslocamento do pico na curva de voltametria é previsto pela equação de Nernst (1), que determina que, com o aumento da temperatura, o potencial de redução se desloca para valores mais positivos [17].

A figura 7d, o laço de nucleação quase não aparece quando a voltametria é realizada em substrato de Au e a corrente é menor. Neste caso, foi observado que o substrato não foi totalmente coberto pelo filme, diminuindo assim o laço de nucleação. Processo semelhante ao que ocorreu em pH 3.

4.2 Eletrodeposição

A figura 8a representa uma foto ampliada do filme de TiO_2 /ITO para a visualização da deposição do filme fino de TiO_2 depois de já ter ocorrido o tratamento com ar (à 500 °C). Enquanto a figura 8b representa uma foto ampliada da deposição do filme fino de TiO_2 com tratamento térmico e posterior deposição do filme de Cu_2O .

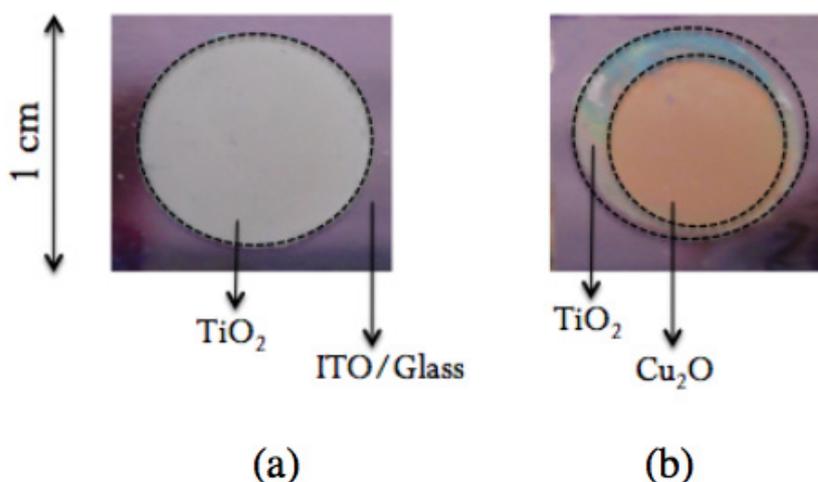


Figura 8: Fotos de filmes finos de (a) TiO_2 – ar (b) e TiO_2 – ar/ Cu_2O sobre substrato de ITO/vidro.

Quando depositado o filme de TiO_2 em ITO, preenche uniformemente toda a superfície do substrato que estava exposta, resultando em um filme de aparência esbranquiçada (figura

8a). Enquanto que o filme de óxido de cobre depositado sobre o filme de titânio, apresenta uma aparência de cor laranja como pode-se ver na figura 8b.

4.3 MEV

Na figura 9 são observadas imagens de um microscópio eletrônico de varredura (MEV) dos filmes depositados de (a) $\text{TiO}(\text{OH})_2$, (b) TiO_2 depois de tratado com ar e (c) TiO_2 depois de ser tratado com ar e depositado o filme de Cu_2O .

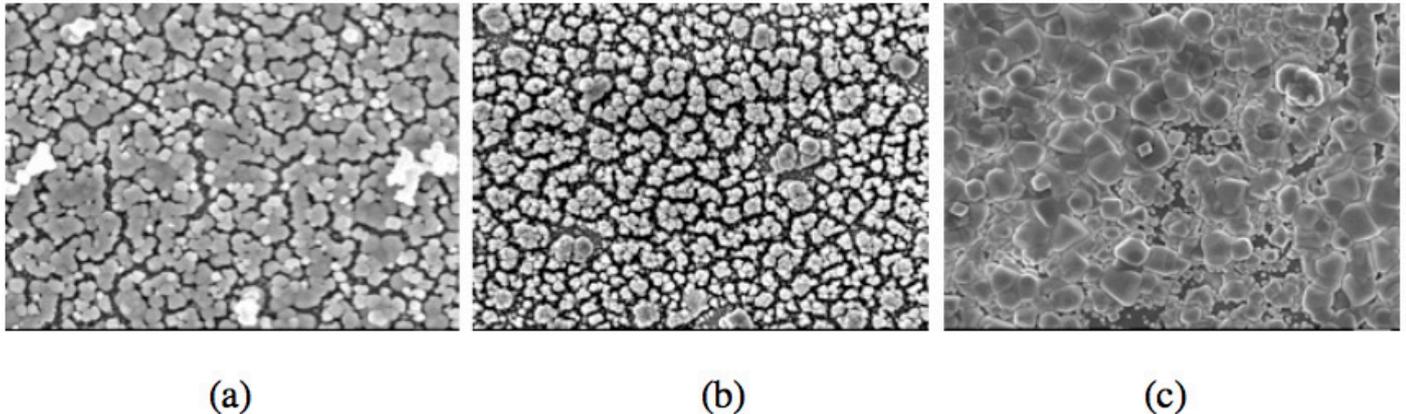


Figura 9: Imagem de MEV-FEG de filmes finos de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ (a) TiO_2 – ar (b) e TiO_2 – ar/ Cu_2O sobre substrato de ITO/vidro (c). Todas as imagens estão ampliadas 20.000x.

Pela figura 9a e b podemos observar que a estrutura dos filmes de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ e TiO_2 é mesoporosa (~ 50 nm de porosidade). A porosidade é útil para que se aumente a área superficial dos filmes. Após o tratamento térmico em ar o espaçamento entre os aglomerados aumenta, deixando a estrutura com maior porosidade. Quando considera-se a deposição do óxido de cobre sobre TiO_2 (figura 9c), observa-se que o tamanho dos grãos dos filmes de Cu_2O são maiores que as estruturas mesoporosas de TiO_2 , cobrindo-as quase que por completo.

4.4 Raio-X

A figura 10 representa um gráfico em que pode-se identificar os picos referente aos filmes de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ (curva verde) e TiO_2 tratados em atmosfera de 500°C (curva azul). Podemos observar que os picos marcados com um asterisco (*) representam picos que são referentes ao substrato (ITO). Observando o gráfico depois do tratamento térmico em ar (curva superior) pode-se perceber que aparecem picos de TiO_2 cristalino, já que o $\text{TiO}(\text{OH})_2$ é amorfo [19].

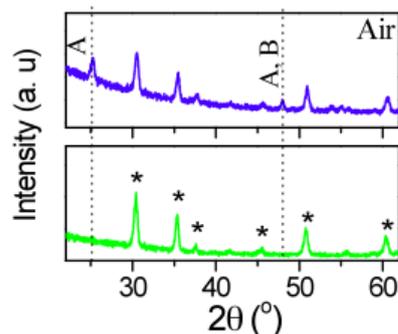


Figura 10: Raio-X de filmes finos de $\text{TiO}(\text{OH})_2$ e TiO_2 – ar sobre substrato de ITO/vidro.

Observa-se através da figura 10 que após o tratamento em ar surgem dois novos picos, referentes ao TiO_2 (anatase e bruquita). O primeiro pico em aproximadamente $47,5^\circ$, corresponde a fase anatase (200). Porém, existem também em $48,04^\circ$ a fase Bruquita (321). Da mesma forma, em $53,77^\circ$ temos a fase Anatase (105), e em $54,24^\circ$ existe a fase Bruquita (230). Estas fases têm picos de DRX muito próximos e é necessário mais estudos (como TEM, Raman,...) para confirmá-las.

5 | CONCLUSÃO

O objetivos apresentados na proposta de pesquisa (PIBIC) foram alcançados com sucesso. Desta forma, foi possível então, contribuir para o desenvolvimento de materiais semicondutores aplicados a energias renováveis, bem como contribuir com a formação científica e tecnológica de um aluno mediante bolsa de iniciação à pesquisa. Foram produzidos e caracterizados os óxidos eletrodepositados através de técnicas de caracterização conforme esperado e planejado no projeto. Alcançou-se maior conhecimento acerca das propriedades morfológicas e estruturais, dos filmes semicondutores de TiO_2 , Cu_2O e sua heterojunções. Pretende-se ainda dar continuidade às investigações já iniciadas e concluir as etapas pendentes. Alguns resultados não foram apresentados aqui pois estão em fase de análise.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Tsui, G. Zangari, *Electrochimica Acta*, **128**, 341 – 348 (2014)
- [2] N. S. Lewis, D. G. Nocera, *Proc. Natl. Acad. Sci U. S. Amer.*, **103**, 15729 (2006)
- [3] P. R. Innocente, Exame de Qualificação – Departamento de Física – UFSC (2015)
- [4] M. Gratzel, Photoelectrochemical cells, *Nature* **414**, 334 – 344 (2001)
- [5] D. Try, A. Fujishima, K. Honda, *Electrochimica Acta*, **45**, 2363 (2000)
- [6] Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope acesso em novembro/2015.
- [7] A. Paracchino, V. Laporte, K. Sivula, M. Grätzel, E. Thimsen, *Nature Materials*, **10**, 456-461 (2011)

- [8] L. Tsui, L. Wu, N. Swami, and G. Zangari, *ECS Electrochemistry Letters*, **1** (2) D15-D19 (2012)
- [9] S. Pelegrini, I. S. Brandt, C. C. Pla Cid, E. A. Isoppo, A. D. C. Viegas, and A. A. Pasa, *ECS J. of Solid State Science and Technology*, **4** (7) P181-P185 (2015)
- [10] W. Siripala, A. Ivanovskaya, T. F. Jaramillo, S. Baeck, E.W. Mcfarland, *Solar Energy Materials and Solar cell*, **77**, 229 (2003)
- [11] *J. Mater. Chem. A*, 2014, 2, 2648–2656
- [12] X. Han, K. Han, and M. Tao, *Electrochemical and Solid State Letters*, **12**, (4) 97 H89–H91 (2009)
- [13] X. Han, K. Han, and M. Tao, *Thin solid Films*, **518**, 5363-5367 (2010)
- [14] BRANDT, Iuri S. Propriedades relacionadas às vacâncias de Cu em filmes eletrodepositados de Cu₂O e Emissão de pares pósitron-eletron correlacionados de superfícies. Tese de doutorado. Departamento de Física, PPGF – UFSC, Florianópolis, (2013).
- [15] S. Pelegrini, Tese de Doutorado – Departamento de Física – UFSC (2014)
- [16] L. Wu, L-K Tsui, N. Swami, Giovanni Zangari, *J. Phys. Chem.* **114**, 11551 (2010)
- [17] N. Rubiano da Silva, Dissertação - Departamento de Física - UFSC (2012)
- [18] BRANT, Iuri S. Eletrodeposição de filmes finos de Cu₂O dopados com Co. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Elétrica – UFSC (2010)
- [19] RECCO, R. V.; PELEGRINI, S.; PLÁ CID C. C.; PASA A. A. Electrodeposition of semiconductor oxides. Departamento de Física, LFFS - UFSC, Florianópolis, (2016)

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alcalinidade 141, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151, 152
Análise dinâmica 95
Análise numérica 103, 104, 114, 116, 118

B

Biodiesel 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 189

C

Captura de movimento 10, 58, 59
Cogeração 154, 159, 160
Combustão interna 1, 2, 3, 68, 73, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 138
Controlador 119, 120, 122, 123
Corantes 176, 179, 213, 220

D

Demanda energética 1, 2, 4, 6, 127
Discretização 78, 79, 80, 81, 93

E

Eficiência energética 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 124, 154, 158, 159, 160
Eletr deposição 14, 15, 16, 20, 24, 27
Emissões de gases 127, 154
Energias renováveis 14, 26
Ensaio 162, 164, 165, 170, 172, 173, 195, 196, 208, 210, 269
Equação Diferenciais 95
Extensão da Vida Útil 28

F

Figuras planas 78, 80, 93
Fluido magneto reológico 103, 104, 105, 107, 109, 110, 113
fluidos 37, 54, 103, 107, 108, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153
Fluidos 104, 108, 142, 153
Fluido Visco Plástico 103
Fotocatálise 176, 179, 186, 212, 213, 219

G

Gases de exaustão 124, 127, 133, 135, 136
Gases de Exaustão 134
Gerador termoelétrico 124, 128
Grandezas monitoradas 28, 34, 35

I

IEC 61850 28, 30, 37, 38

Impacto 3

IMU 58, 59, 60

Infraestrutura 1, 2, 3, 7, 11, 12, 42, 43, 44, 45, 48, 52, 59

Injeção eletrônica 67, 68, 69, 71, 76, 77

M

Matemática intervalar 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76

Materiais compósitos 162, 163, 170, 171, 175

Mecânica 9, 78, 94, 101, 103, 118, 124, 141, 175, 279

Método de Newmark 95, 97

Motor 2, 3, 36, 37, 58, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 98, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 138

N

Não linearidades 95, 100

O

Óxido de cobre 14, 20, 25

Óxido de titânio 14, 20

P

Paralisia cerebral 10, 58, 59

Perfuração 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Perfuração 11, 141, 153

Peso 162, 163, 164, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 180, 266, 276, 277

PID 119, 120, 122, 123

Pistão MR 103, 110

Potência 8, 10, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 124, 126, 127, 131, 133, 136, 137, 138, 205

Precisão 20, 46, 65, 67, 71, 73, 74

Propriedades geométricas 78, 79, 80, 81, 84, 93, 134

S

Semicondutores 14, 15, 26, 124, 129, 134, 135, 136, 176, 179, 184, 187, 213

Sensor inercial 58

Suspensão coloidal 103

Suspensão Coloidal 103

T

Transformadores 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

V

Veículo Elétrico 2, 3, 12, 13

Vibração 35, 108, 109, 119, 120, 123

 **Atena**
Editora
2 0 2 0