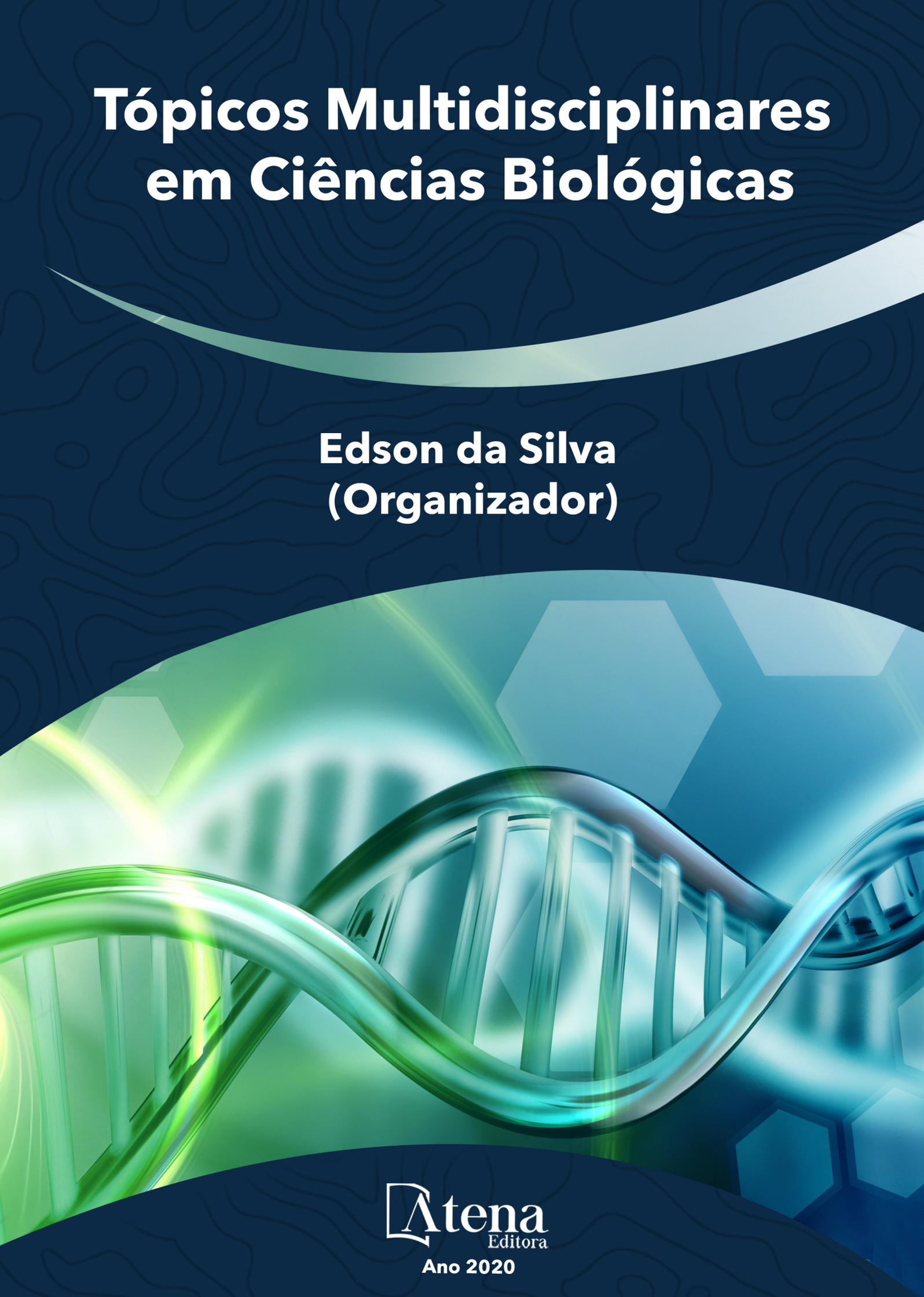


Tópicos Multidisciplinares em Ciências Biológicas

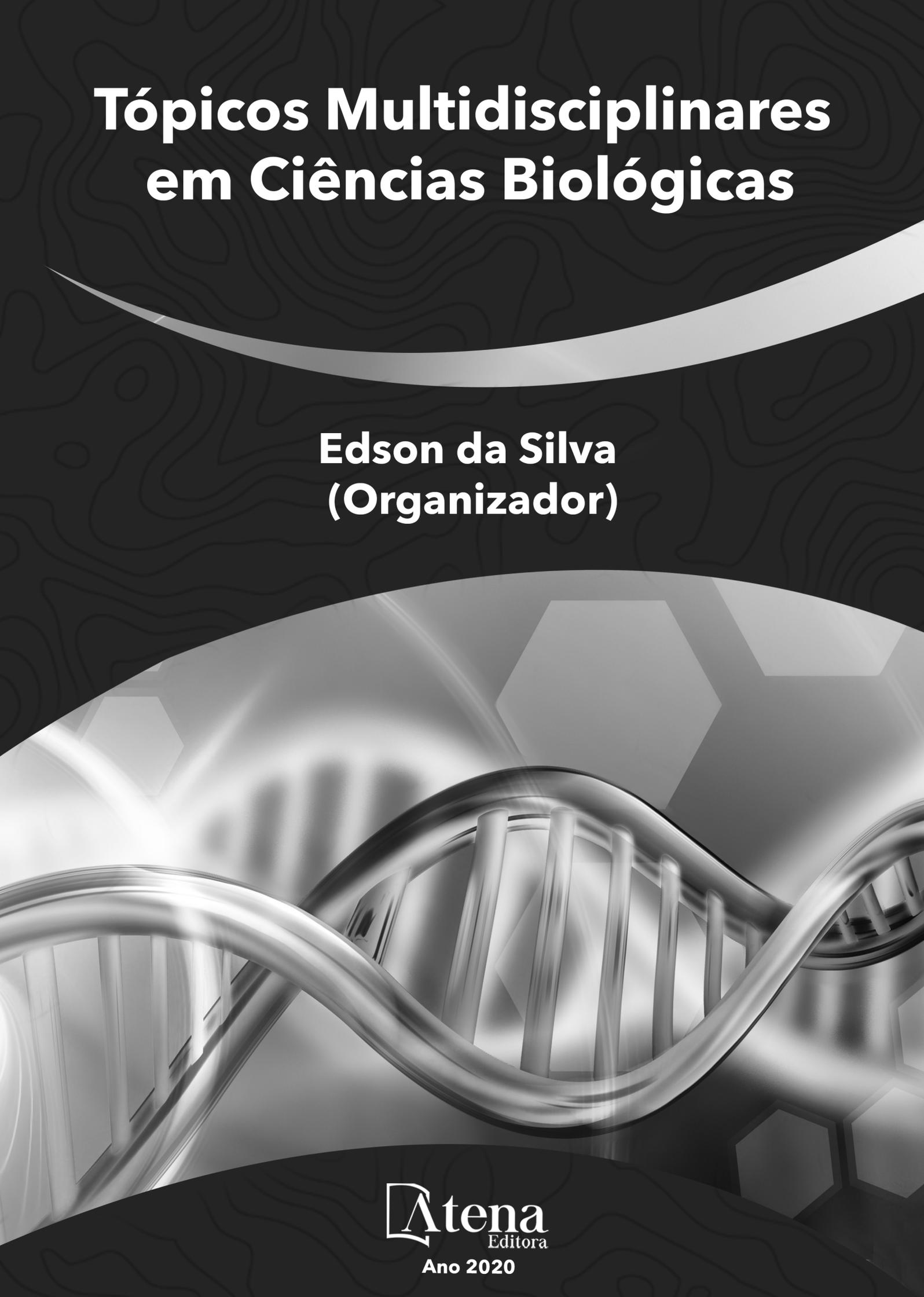
**Edson da Silva
(Organizador)**

**Atena**
Editora

Ano 2020

Tópicos Multidisciplinares em Ciências Biológicas

**Edson da Silva
(Organizador)**

**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: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª 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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

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

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª 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

Profª Drª 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

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
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
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 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
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

T673 Tópicos multidisciplinares em ciências biológicas [recurso eletrônico]
/ Organizador Edson da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena
Editora, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-971-4
 DOI 10.22533/at.ed.714203001

1. Ciências biológicas – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Edson da.
CDD 570

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

O e-book “Tópicos Multidisciplinares em Ciências Biológicas” é uma obra composta por estudos de diferentes áreas das ciências biológicas e da saúde. Em seus 16 capítulos o e-book aborda trabalhos de pesquisas, de ensino, relatos de casos e revisões da literatura mostrando avanços e atualidades nesse campo.

As ciências biológicas englobam áreas do conhecimento relacionadas com a vida e incluem a biologia, a saúde humana e a saúde animal. Nesta obra, apresento estudos vivenciados na prática profissional e na formação acadêmica relacionados aos cursos de graduação e de pós-graduação em biologia, biomedicina, biotecnologia, nutrição, medicina, fisioterapia, química, engenharia biomédica, arquitetura entre outros.

Este volume tem objetivo de compartilhar o conhecimento científico aplicado às ciências biológicas e suas áreas afins, potencializando discussões e abordagens contemporâneas em temas variados. Agradeço aos autores que tornaram essa edição possível e desejo uma ótima leitura a todos.

Prof. Dr. Edson da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE HIDROLÍTICA DE LIPASES OBTIDAS DE NOVAS FONTES VEGETAIS: MORINGA E GIRASSOL	
Flávia Michelle Silva Santos Álvaro Silva Lima Alini Tinoco Fricks Cleide Mara Faria Soares	
DOI 10.22533/at.ed.7142030011	
CAPÍTULO 2	9
AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SEMENTES DE ANDIROBA (<i>CARAPA GUIANENSIS</i> - <i>MELIACEAE</i>) E AÇAÍ (<i>EUTERPE OLERACEA</i>)	
Janaina Pompeu dos Santos Sabrina Baleixo da Silva Renato Meireles dos Santos Jhonatas Rodrigues Barbosa Cassia Barbosa Aires Martina Damasceno Portilho Flaviane Leal Batista Joice Silva de Freitas Lucas Henrique da Silva e Silva Natacia da Silva e Silva Wanessa Shuelen Costa Araújo Vanderson Vasconceslos Dantas	
DOI 10.22533/at.ed.7142030012	
CAPÍTULO 3	16
CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DAS CÉLULAS DE HOFBAUER EM PLACENTAS A TERMO, DE MÃES DE MÉDIO E ALTO RISCO, ATENDIDAS EM MATERNIDADES PÚBLICAS DO RECIFE	
Mateus Cotias Filizola Fálba Bernadete Ramos dos Anjos	
DOI 10.22533/at.ed.7142030013	
CAPÍTULO 4	26
CONDIÇÃO CLÍNICO-FUNCIONAL DE IDOSOS DE UMA COMUNIDADE DA ZONA RURAL	
Luciana Julek Danielle Bordin Luciane Patrícia Andreani Cabral Taís Ivastcheschen Heloize Gonçalves Lopes Clóris Regina Blanski Grden	
DOI 10.22533/at.ed.7142030014	

CAPÍTULO 5 39

DESCRIÇÃO DE CASOS CONFIRMADOS DE COINFECÇÃO DE TUBERCULOSE/HIV NO ESTADO DE GOIÁS

Murilo Barros Silveira
Fábio Castro Ferreira
Fernanda Soares da Mota
Tamires Mariana Dias Damas Rocha
Beatriz Gonçalves dos Santos
Iara Barreto Neves Oliveira
Aldenira Matias de Moura
Muriel Vilela Teodoro Silva
Marielly Sousa Borges
Juliana Boaventura Avelar

DOI 10.22533/at.ed.7142030015

CAPÍTULO 6 46

LAGOCHILASCARIÁSE HUMANA: REVISÃO DE LITERATURA

Meriele Aline de Paula
Amanda Silva Santos Aliança
José Eduardo Batista Filho
Nathália de Paula Batista

DOI 10.22533/at.ed.7142030016

CAPÍTULO 7 59

TERAPIA DE REPOSIÇÃO DE TESTOSTERONA: ESTRESSE OXIDATIVO E RISCO PARA DOENÇAS CARDIOVASCULARES

André Luiz Cavalcante Fontenele
Diego Gonçalves de Lima
Romeu Paulo Martins Silva
Miguel Junior Sordi Bortolini
Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti
Anderson Gonçalves Freitas

DOI 10.22533/at.ed.7142030017

CAPÍTULO 8 74

VIRULÊNCIA E PERFIL DE SUSCEPTIBILIDADE ANTIFÚNGICA DE ESPÉCIES DE *CANDIDA*

Renato Birlo de Araújo
Adryelle Idalina da Silva Alves
Melyna Chaves Leite de Andrade
Franz de Assis Graciano dos Santos
Michellangelo Nunes da Silva
Paulo Roberto de Moura Carvalho
Reginaldo Gonçalves de Lima Neto
Rejane Pereira Neves
Danielle Patrícia Cerqueira Macêdo

DOI 10.22533/at.ed.7142030018

CAPÍTULO 9 87

A SOBRECARGA PSICOSSOCIAL DO CUIDADOR FAMILIAR DE PESSOAS COM DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS DEGENERATIVAS

Sueli Ferreira de Paula Cardoso
Claudineia Pedroso Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.7142030019

CAPÍTULO 10 90

EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO EM AMBIENTES NÃO FORMAIS, REALIZADO NA FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DE MARABÁ/PA

Larisse Caldas da Silva
Laysa Kellen Dos Santos Alves
Patrick Anderson Barbosa Borralho
Nádia Nunes da Silva
Manoel Ananis Lopes Soares

DOI 10.22533/at.ed.71420300110

CAPÍTULO 11 99

RECURSOS DIDÁTICOS VISUAIS E AUDIOVISUAIS: UM BREVE PARALELO ENTRE TICS E O ALBUM SERIADO NO CONTEXTO DAS DISCIPLINAS QUE REPRESENTAM AS CIÊNCIAS DA NATUREZA

Rosangela Mota Lunas
Ranlig Carvalho de Medeiros
Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.71420300111

CAPÍTULO 12 107

UMA PROPOSTA DE JOGO EDUCACIONAL DIGITAL PARA APOIAR O ENSINO DE ANATOMIA DO SISTEMA MUSCULAR

Edson da Silva
Marileila Marques Toledo

DOI 10.22533/at.ed.71420300112

CAPÍTULO 13 117

EXTRACTION AND CRYSTALLIZATION OF CAFFEINE FROM COFFEE HUSKS

Ana Paula Silva Capuci
Eloízio Júlio Ribeiro
José Roberto Delalibera Finzer

DOI 10.22533/at.ed.71420300113

CAPÍTULO 14 123

PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE AMIDO DE MILHO HIDROLISADO COM AMILASES DO MALTE DE CEVADA

Felipe Staciaki da Luz
Renata Nascimento Caetano
Adrielle Ferreira Bueno
Carine Vieira
Danielle Cristina Silva Oliszeski
Gideã Taques Tractz
Bianca Vanjura Dias
Cynthia Beatriz Fürstenberger
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.71420300114

CAPÍTULO 15	135
SÍNTESE DE SUPERFÍCIES NANOESTRUTURADAS À BASE DE POLIANILINA	
Ítalo Gustavo de Lira Moura	
Gabriel Galdino Gadelha	
Liandra Roberta Pinho da Cunha Coutinho	
Washington Andrade da Cunha Coutinho Filho	
Renata Miranda Gomes	
Rosa Fireman Dutra	
DOI 10.22533/at.ed.71420300115	
CAPÍTULO 16	150
O IMPACTO DO RUÍDO EM ANIMAIS DE CATIVEIRO (O CASO DO JARDIM ZOOLOGICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL)	
Isabel Cristina Ferreira Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.71420300116	
SOBRE O ORGANIZADOR	159
ÍNDICE REMISSIVO	160

SÍNTESE DE SUPERFÍCIES NANOESTRUTURADAS À BASE DE POLIANILINA

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 20/01/2020

Ítalo Gustavo de Lira Moura

Universidade Federal de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/9121151433830100>

Gabriel Galdino Gadelha

Universidade Federal de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/1900530349252320>

Liandra Roberta Pinho da Cunha Coutinho

Universidade Federal de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/7895352248231548>

Washington Andrade da Cunha Coutinho Filho

Universidade Federal de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/1215611870229483>

Renata Miranda Gomes

Universidade Federal de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/9969313804729938>

Rosa Fireman Dutra

Universidade Federal de Pernambuco

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/3335497739195055>

RESUMO: O uso de polímeros condutores na tecnologia de sensores consiste na modificação do eletrodo para melhorar a seletividade, diminuir as interferências e funcionar como uma matriz de imobilização de moléculas. Diversos sensores baseados na transdução eletroquímica foram desenvolvidos com eletrodos modificados pela polianilina (PANI). A aplicação da PANI no desenvolvimento de biossensores eletroquímicos tem sido frequentemente relatada devido às propriedades únicas do polímero, como sua alta condutividade, estabilidade a longo prazo, além da solubilidade em meio aquoso e procedimentos sintéticos fáceis de obtenção de espessura controlável em síntese no eletrodo sensor. A PANI, devido a sua reversibilidade redox pode atuar como mediadores na transferência de elétrons em reações redox ou enzimáticas. As principais técnicas para confecção de filmes finos e condutores são: *Spin-Coating*, *Dip-Coating*, *Drop-Casting*, *Layer-By-Layer* e *Eletropolimerização in situ*. Neste trabalho, foram estudadas as influências dos métodos de síntese e dos meios de polimerização, empregando eletropolimerizações *in situ* da PANI. A técnica de voltametria cíclica foi utilizada para caracterização do filme obtido sobre o eletrodo imerso em sonda redox, submetido a uma janela de potencial de -0,2 V a 0,6 V, com velocidade de varredura de 50 mV

s-1. Foi investigada a eletropolimerização em pH neutro, ácido e básico. Observou-se que a eletropolimerização em meio ácido (pH 4) resultou na PANI em seu estado condutor (esmeraldina). Diferentes concentrações do monômero foram avaliadas de modo a obter filmes com melhor performance. Foi encontrada a concentração de aproximadamente 95 mM (pH 4) como ótima. Estes estudos indicam a versatilidade da PANI na construção de sensores eletroquímicos com diferentes formas, tamanhos e condutividade relativa.

PALAVRAS-CHAVE: Polianilina, biossensores, polímeros condutores, eletropolimerização.

NANOSTRUCTURED SURFACE SYNTHESIS BASED ON POLYANILINE

ABSTRACT: Conductive polymer use applied to sensor technology consist of modifying the electrode in order to improve selectivity, reduce the interfering, acting also as an immobilizing agent. Several sensors based on electrochemical transduction have been developed with polyaniline modified electrodes (PANI). The application of PANI in the development of electrochemical biosensors has often been reported due to the unique properties of this polymer, such as high conductivity, long term stability, aqueous solubility and easy synthetic procedures to obtain a controlled thickness synthesis on the sensor electrode surface. Due to the high redox reversibility, the PANI can act as a mediator in electron transfer in redox or enzymatic reactions. The main techniques for preparation of thin and conductive films are: *Spin-Coating*, *Dip-Coating*, *Drop-Casting*, *Layer-By-Layer* and *in situ* Electropolymerization. The influences of synthesis methods and polymerization media were studied, using *in situ* electropolymerizations. The cyclic voltammetry technique was applied to characterize the film obtained by using an electrode immersed in the redox probe, submitted to a potential window of -0.2 V to 0.6 V, at 50 mV s⁻¹ scan rate. Electropolymerizations at neutral, acidic and basic pH were investigated. It was observed that the electropolymerization in acid medium (pH 4) resulted in PANI with conductive proprieties (Emeraldine). Different monomer concentrations were evaluated in order to obtain films with better performance. It was found a concentration of approximately 95 mM (at pH 4) as an optimal. These studies indicate the versatility of PANI for electrochemical sensor applications with different shapes, sizes, and relative conductivity.

KEYWORDS: polyaniline, biosensors, conductive polymers, electropolymerization.

1 | POLIMEROS CONDUTORES

Estruturalmente, definem-se polímeros condutores como macromoléculas formadas por uma cadeia principal, onde nela contém as ligações simples e duplas alternadas, ou conjugadas. Nas ligações ditas como simples (sigma, σ), tem-se elétrons fortemente ligados, e como consequência disso uma maior estabilidade quanto a sua localização. Já as ligações conjugadas (pi, π) apresentam menor força no seu par de elétrons, essa característica lhes permitem uma maior mobilidade que resulta, na

estrutura geral, o surgimento de orbitais estendidos. São os polímeros condutores que apresentam essa estrutura, apresentando um forte caráter condutor desde que sua estrutura seja submetida a um processo de dopagem (remoção ou adição de elétrons), gerando assim uma vacância que irá proporcionar um espaço vazio permitindo o salto do elétron de uma camada inferior para ocupar essa vacância. Este movimento permite a condução elétrica em polímeros conjugados, garantindo assim a característica de condutividade dos polímeros condutores [15].

O uso de polímeros condutores na tecnologia de sensores consiste na modificação do eletrodo para melhorar a seletividade, diminuir as interferências e funcionar como uma matriz para moléculas. Todos os princípios eletroquímicos de transdutores podem ser aplicados com eletrodos modificados com polímeros condutores. A fim de alcançar a fabricação de filmes ultrafinos para a construção desses nanodispositivos bem como sua caracterização, as pesquisas em eletrônica orgânica têm crescido nos últimos anos graças às promessas de vantagens referentes a um especial comportamento químico e elétrico dos materiais orgânicos. Dentre tais materiais, os polímeros condutores acabam por encontrar-se em um lugar de destaque por sua flexibilidade e, em especial seu baixo custo. Podem ser sintetizados eletroquimicamente a partir de um maior controle dos parâmetros de síntese, dentre estes polímeros condutores, destacam-se entre outros o Poliacetileno, Polipirrol, Politiofeno, Poli (p-fenileno) e a Polianilina (GOSH et al., 2016).

A polianilina é um polímero linear conformado de monômero de anilina, o qual pode existir em um número de estados de oxidação, os seus anéis podem existir nas formas benzenóides e quinoides (**Figura 1**). A PANi pode ocorrer em diferentes estados de oxidação, dos quais a forma esmeraldina (50 % oxidada) é a mais estável e é a única forma redox que se torna condutivo no estado dopado. Esta forma base esmeraldina (isolante) pode reagir com ácidos fortes resultando assim na forma sal esmeraldina condutora (**Figura 2**).

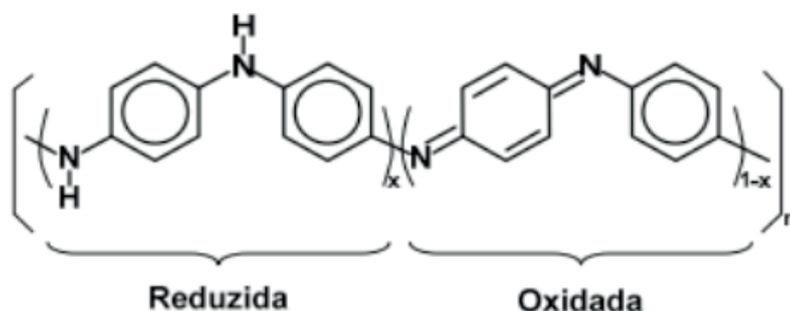


Figura 1. Estrutura geral da Polianilina (PANI), mostrando as unidades reduzidas (ganha elétrons) e oxidadas (perde elétrons).

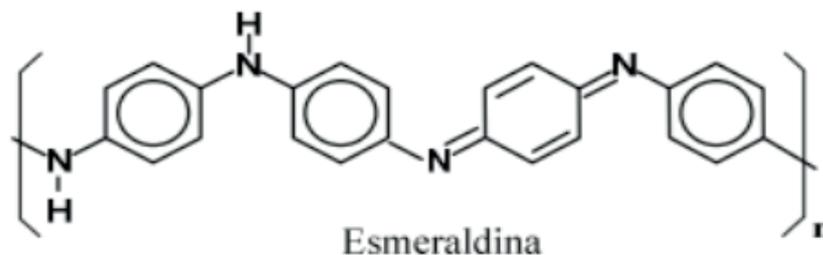


Figura 2. Esquema da composição geral da PANI indicando a unidade Esmeraldina.

2 | TÉCNICAS DE DEPOSIÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS

As técnicas de produção de filmes finos têm sido aplicadas para diversos fins, como o uso em sensores, displays, dispositivos optoeletrônicos e híbridos eletrônicos. A homogeneidade, estabilidade e reprodutibilidade dos filmes confeccionados são essenciais para a manutenção das propriedades e da funcionalidade dos mesmos. Entretanto, para conferir uma boa qualidade na formação desses filmes são necessários observar alguns fatores como o uso do solvente, concentração do soluto e escolha da técnica de deposição do filme [7].

Novas rotas de síntese de filmes finos são estudadas para que seja possível alcançar filmes homogêneos de boa espessura e com alta eficiência no transporte de carga, nesse sentido se faz necessário a compreensão de todos os aspectos envolvidos nas técnicas de deposição de filmes finos para que se faça bom uso das características inerentes a cada método. As principais técnicas para confecção de filmes finos e condutores são: Spin-Coating, Dip-Coating, Drop-Casting, Layer-By-Layer (L-b-L) e Eletropolimerização [3].

- Spin- Coating - É uma técnica comumente utilizada para produzir um filme de espessura uniforme. A técnica se baseia em gotejar a solução a ser testada sobre um substrato que é levado ao spin- coater, este equipamento é responsável por girar o substrato em alta rotação retirando o excesso de filme da superfície, permanecendo apenas uma fina camada.
- Dip-Coating - É uma técnica simples que consiste em mergulhar o substrato no filme por algum tempo, podendo ser necessários várias imersões. A espessura do filme é controlada pela velocidade com que o substrato é retirado da solução. Em seguida o substrato é deixado para que ocorra a evaporação do solvente.
- Drop-Casting- É feita pela deposição do filme na superfície do substrato que é deixado para secar em ambiente controlado. Após a evaporação do solvente, o filme permanece.
- Layer-By-Layer (L-b-L) - Esta técnica também conhecida por LB consiste na formação de multicamadas organizadas na superfície de um substrato, através da deposição de monocamadas. Essas camadas interagem entre si, através de ligações químicas conferindo propriedades desejadas ao substrato modificado.

- Eletropolimerização ou Polimerização Eletroquímica - É uma técnica versátil de síntese de polímeros condutores, na qual consiste no uso de um sistema trieletródico (Contra eletrodo, eletrodo de referência e eletrodo de trabalho), uma solução monomérica dissolvida em um solvente apropriado e um agente dopante. Faz-se uso de um potenciostato (potencial constante) para a produção de filmes finos. A eletropolimerização ocorre em três diferentes etapas: Oxidação do monômero, deposição de oligômeros seguida de nucleação e crescimento do filme e em terceiro estágio a formação de longas cadeiras poliméricas [3].

Técnica de Deposição	Vantagens	Desvantagens	Referências
Spin Coating	Rapidez, Produção de filmes uniformes	Perda de grande parte do material, baixo custo	[2]
Dip Casting	Simples, rápida	Falta de controle na determinação da espessura do filme	[23]
Drop Casting	Simples, filmes uniformes e espessos	Não produz filmes de baixa espessura	[3]
Layer-By-Layer (L-b-L)	Filmes auto-organizados, controle sobre a espessura do filme	Tempo de preparação	[3]
Eletropolimerização	Deposição direta dos polímeros, formação de filmes finos, espessura e condutividade podem ser controladas	Alto custo (Potenciostato)	[20]

Tabela 1-Comparação entre as principais técnicas de deposição de filmes finos

3 | CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES POLIMÉRICOS

Caracterização Eletroquímica

A caracterização eletroquímica é feita através de diversas técnicas de eletroanálise, uma delas é a voltametria cíclica. A voltametria cíclica obtém informações qualitativas e quantitativas de uma espécie química. Consiste em aplicar um potencial que gera uma corrente resultante num sistema trieletródico, composto por um contra eletrodo, um eletrodo de referência e um eletrodo de trabalho, onde será testada a solução do filme. O voltamograma é o gráfico do resultado da geração de corrente resultante ao potencial que foi aplicado na solução [1].

Uma outra técnica de caracterização eletroquímica para avaliação das propriedades redox de um filme é a voltametria de onda quadrada. É uma técnica mais rápida e mais sensível. Uma onda quadrada simétrica é superposta sobre uma rampa de potencial, que possui a forma de degrau. O pulso reverso da onda quadrada surge na metade do gráfico em degrau. A amplitude do pulso aplicado é dada em mV.

E discrimina a corrente capacitiva quando ocorre a sua diminuição mais rapidamente e obtendo a corrente ao final do pulso [1].

Caracterização Estrutural

Para análise da estrutura química dos filmes são comumente utilizadas duas técnicas. A primeira delas é a espectroscopia Raman que é muito utilizada para obter características do material usado e sobre o grau de desordem do mesmo. A espectroscopia analisa a relação da radiação eletromagnética com a matéria e assim consegue avaliar as vibrações que ocorre entre as moléculas. O gráfico do resultado da espectroscopia mostra as bandas presentes nas ligações químicas de que são compostos os filmes [5].

A segunda técnica é a espectroscopia vibracional de absorção do infravermelho tem a função de identificar os grupos funcionais pertencentes a amostra estudada. Avalia a interação entre as moléculas, pois são elas que determinam as propriedades do filme produzido [11].

Caracterização Morfológica

A Microscopia óptica é largamente aplicada para caracterizar morfológicamente a superfície de eletrodos modificados por filmes poliméricos. Técnicas como o Microscopia eletrônica de varredura e a Microscopia de Força Atômica. Essas técnicas têm como objetivo a varredura da superfície do filme por uma ponta ou sonda, destacando a morfologia e alterações físicas dos filmes. Podem ser analisados também as interações que ocorrem entre os átomos presentes na ponta da sonda e na superfície da amostra estudada [11].

4 | UTILIZAÇÃO DA POLIANILINA (PANI) EM BIOCENSORES

A PANI exibe propriedades oscilantes entre um estado isolante e um condutor (CHAUHAN, 2019), devido a isso suas propriedades estruturais, mecânicas, físicas e químicas podem ser melhoradas combinando-as com uma matriz de diferentes métodos como enxerto, mistura e fabricação de compósitos com biomoléculas, polímero, óxidos metálicos, entre outros; e diversos nanocompósitos por meio de ligações covalentes de grupos laterais funcionais, como amida e ácido carboxílico, tornando-o adequado para outras modificações e possibilitando posterior imobilização de biomoléculas. Mesmo após a modificação, o material mantém sua nanomorfologia e suas características intrínsecas. Além da modificação, a funcionalização aprimora a seletividade (LAHIFF; SCARMAGNANI; SCHAZMANN, 2010), a eletroatividade, a área de superfície e oferece a capacidade de alternar entre diferentes estados redox (FLOREA; LAHIFF; DIAMOND, 2011).

A aplicação da PANI no projeto e desenvolvimento de biossensores

eletroquímicos tem sido frequentemente relatada devido às propriedades únicas do polímero, como sua alta condutividade, reversibilidade redox, estabilidade ambiental a longo prazo, alta capacidade do processo de solução e procedimentos sintéticos fáceis com uma espessura controlável no eletrodo sensor (MOUSA; AGGAS; GUISEPPI-ELIE, 2019), além disso seu uso é destacado pela sua excelente função mediadora para transferência de elétrons em reações redox ou enzimáticas. Este fenômeno é possivelmente devido à inerente eletroatividade do PANI (SHOAIE; FOROUZANDEH; OMIDFAR, 2018).

As superfícies sensoras baseadas em PANI, alcançaram um patamar diferenciado na fabricação e desenvolvimento da pesquisa com biossensores. Em estudo realizado por Aghamiri, Mohsennia e Rafiee-Pour (2019), um eletrodo modificado composto por filme de polímero condutor de bicamada de polianilina/polipirrol (PANI/PPY), nanotubos de carbono de paredes múltiplas (cMWCNTs) e eletrodo de carbono vítreo (GCE) foi construído e examinado quanto à sua potencial aplicabilidade no biossensor amperométrico. O filme produzido exibiu picos redox bem definidos com potencial formal e separação pico a pico $-0,338\text{ V}$ e $0,068\text{ V}$ (vs. Ag/AgCl, 3M KCl), respectivamente. A concentração de cobertura superficial de Cyt c foi estimada em $8,0 \times 10^{-9}\text{ mol cm}^{-2}$, mostrou uma sensibilidade de $101,6\text{ }\mu\text{A mM}^{-1}$, com um limite de detecção de $0,1\text{ }\mu\text{M}$ em uma faixa de resposta linear de 1 a $370\text{ }\mu\text{M}$. De acordo com os resultados obtidos, o nanocompósito poderia atuar como um promotor de carga para facilitar a transferência direta de elétrons entre Cyt c imobilizado e GCE, oferecendo um alto potencial para aplicação em biossensores amperométricos de terceira geração. Em outro estudo, Zhai et al. contruíram um nanobiossensor enzimático para reconhecimento de glicose, utilizando o composto de hidrogel de platina (Pt) e PANI, pelo qual apresentou uma alta sensibilidade de $96,1\text{ }\mu\text{A mM}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$, com um tempo médio de resposta de 3 s, uma ampla faixa linear de 0,01 a 8 mM e um limite baixo de detecção de $0,7\text{ }\mu\text{M}$. Também, Dhand et al. projetaram um nanobiossensor baseado em filme nanocompósito PANI e cMWCNTs para quantificação de colesterol. Os resultados indicaram que o biossensor pode detectar colesterol na concentração faixa de 1,29 a 12,93 mM com sensibilidade e resposta tempo de 6800 nA mM^{-1} e 10 s, respectivamente. Em 2019, Mo et al. Projetou um imunossensor usando a PANI, Nanopartículas de ouro (AuNPs) e grafeno reduzido (rGO) modificados como plataforma. O anticorpo monoclonal coli O157: H7 (Ab1) foi adicionado à plataforma e imobilizado automaticamente no filme através da interação amina e AuNPs. O imunossensor apresentou ampla faixa linear ($8,9 \times 10^3$ a $8,9 \times 10^9\text{ UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$) e limite de detecção $2,84 \times 10^3\text{ UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$. Portanto, esse biossensor foi considerado um sistema ideal para a detecção de E. coli e também é facilmente adaptável ao ensaio de outras espécies bacterianas. Para além do uso na saúde, estudos demonstram a eficácia de superfícies sensoras baseados em PANI na indústria alimentícia. Em 2014, Yang et al. construíram um nanosensor amperométrico para determinação de sulfito em amostras reais. Este sensor foi projetado com base no Eletrodo de Carbono Vítreo modificado com hexacianoferrato de cobre revestido

com PANI (PANI/CuHCF/GCE) que apresentaram maior eletrocatalítica atividade e estabilidade adequada à oxidação do sulfito com limite de detecção $0,6 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Mediante os inúmeros estudos relacionados ao uso da PANI, este trabalho teve como objetivo a otimização do filme de PANI visando aplicação em diagnósticos sorológicos. Para isso foram investigadas as seguintes figuras de mérito: condutividade, estabilidade e biocompatibilidade.

5 | EXPERIMENTAL

A formação e caracterização do filme condutor foi realizado de acordo com as seguintes etapas: Limpeza do eletrodo de trabalho; Deposição do filme PANI e estudo de pH; Preparo de solução tampão; Estudo de concentração e deposição do filme PANI. Todas as etapas descritas adiante foram realizadas a partir de um rigor metodológico baseado nas principais literaturas da área e análises prévias do polímero. Para realização do experimento foram utilizados Eletrodos de Carbono Vítreo (ECV), Anilina (Sigma-Aldrich), Tampão Fosfato a 2 mM e Ácido Sulfúrico (P.M. 98,079 g/mol) a 1 mM.

Limpeza do eletrodo de trabalho

Antes de efetuar a deposição do filme polimérico na superfície do eletrodo, se faz necessário submeter à superfície do ECV ao procedimento de limpeza mecânica a partir de protocolo padrão. Neste procedimento, a superfície do eletrodo foi polida em um tecido aveludado embebido em alumina, o processo foi repetido em diferentes concentrações de alumina ($0,5\mu$, $0,3\mu$ e $0,1\mu$ respectivamente) utilizando movimentos em forma de infinito (∞) durante 2 minutos. Para verificação da remoção de resíduos da superfície sensora foram registrados voltamogramas cíclicos em sonda de $\text{Fe}(\text{CN})^{63+}/\text{Fe}(\text{CN})^{64+}$ à 0,005 M. Nos voltamogramas cíclicos obtidos foram analisadas as diferenças entre as voltagens de pico e valor da corrente anódico e catódico (I_{pa} e I_{pc} , respectivamente).

As medidas eletroquímicas foram realizadas em um sistema tri-eletródico composto por eletrodo de trabalho (eletrodo de carbono vítreo, diâmetro= 2 mm), pelo eletrodo de referência (eletrodo de Ag/AgCl) e pelo eletrodo auxiliar ou contra-eletrodo (fio helicoidal de platina). Todas as aquisições eletroquímicas foram realizadas utilizando o potenciostato Autolab PGSTAT204 (Metrohm), controlado pelo software NOVA 2.1. Para estudo da plataforma sensora, foram utilizadas a Voltametria Cíclica (VC), analisando a construção e o funcionamento por meio das técnicas. Na VC foi utilizada janela de potencial de -0.2 a 0.6 V, velocidade de varredura de $50 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ e passo de 10 mV.

Deposição do filme de polianilina (PANI) e estudo de pH's (ácido, neutro e alcalino)

Após a limpeza do ECv, um filme PANI foi polimerizado eletroquimicamente sobre a superfície sensora. Afim de se obter a forma mais condutora do filme polimérico, que consiste na forma sal esmeraldina (SE), foram feitas soluções com diferentes valores de pH: ácido (pH = 4), básico (pH = 9) e neutro (pH = 7), com o intuito de reagir com anilina e através da eletropolimerização efetuar a deposição do filme sobre o eletrodo.

6 | PREPARO DA SOLUÇÃO TAMPÃO

As soluções com diferentes pH's foram obtidas por meio de solução tampão fosfato. Para o pH 4, a preparação do tampão foi realizada a partir de um protocolo padrão obtendo-se uma solução final de 200ml. Desses, 90 ml consistiu em solução monofásica e 10 ml solução bifásica, seguida da adição de 100ml de água desionizada, resultando em uma solução com pH = 5,9. Com o objetivo de alcançar o pH ácido (pH 4), adicionou-se à solução preparada, ácido sulfúrico a 0,1M de modo gradativo e acompanhado pelo pHmetro (medidor de pH de bancada – pH PLUS) até se atingir o pH = 4. Para a solução com pH = 7 com 200 ml de solução, foi realizada uma mistura contendo 39 ml de solução monofásica e 61 ml de solução bifásica, em seguida 100ml de água desionizada foram adicionados. Neste pH não foi necessário ajustes uma vez que o valor fixo de 7 é conseguido a partir dessas medidas já estabelecidas em protocolo. Na solução com pH=9 foi adicionado 5,3 ml de solução monofásica e 94,7 ml de solução bifásica, adicionado a 100 ml de água desionizada, dessa maneira obteve-se uma solução final de pH = 8, a partir disso a solução foi alcalinizada com hidróxido de sódio de 0,1 M até se atingir um pH alcalino (pH 9).

Após obter as soluções, adicionou-se anilina a cada uma delas para realização da eletropolimerização. Foi constatado que o filme polimérico que apresentou melhor condutância referiu-se à solução com o pH mais baixo, ou seja, pH = 4. Conseqüentemente a esse resultado a confecção e estudo de estabilidade do filme polimérico passou a ser realizado em meio ácido, mais precisamente em ácido sulfúrico (H_2SO_4) devido a sua eficácia verificada em outros estudos de polimerização com o PANi.

Deposição do filme de polianilina (PANI) e estudo de concentração

Uma vez estabelecido o meio mais condutor para formação do filme, realizou-se a eletropolimerização da PANI em diferentes concentrações. Com base em estudos pré-estabelecidos, utilizou-se as diferentes concentrações de 56 mM, 76 mM, 97 mol/L e 117 mM.

As influências dos métodos eletroquímicos de polimerização e dos meios de

polimerização foram analisadas para otimização da construção do filme polimérico de PANI. Sendo assim, foram investigados a eletropolimerização em diferentes concentrações em meio ácido, tal como os valores da voltametria cíclica da superfície após a deposição do filme. Os seguintes métodos de eletropolimerização foram investigados: (1) Através da voltametria cíclica realizou-se a leitura do eletrodo após limpeza, para isso foi colocado o ECV imerso em uma sonda de $\text{Fe}(\text{CN})^{63+}/\text{Fe}(\text{CN})^{64+}$ à 0,005 M e foi submetido a uma janela de potencial de -0,2 a 0,6 V, com velocidade de varredura de 50 mV s^{-1} durante 3 ciclos; (2) Após verificar, por valores obtidos na literatura, que o eletrodo estava limpo, foi feita a deposição do filme PANI por eletropolimerização com as diferentes concentrações da seguinte forma: ECV foi imerso em uma solução 56 mM de anilina preparada em solução de 18,1 M de H_2SO_4 e submetido à 8 ciclos voltamétricos na janela de potencial de -0,2 a 0,8 V, com velocidade de varredura de 20 mVs^{-1} (CHEN; YAU, 2014). O procedimento (2) foi repetido com solução de diferentes concentrações de anilina e verificamos uma concentração que apresentava maior condutividade, como mostraremos nos resultados mais adiante.

Utilizando o método de eletropolimerização, o ECV modificado com PANI foi submetido a um estudo de transferência de elétrons através da variação da velocidade de varredura voltamétrica (10 a 150 mV.s^{-1}) em sonda de $\text{Fe}(\text{CN})^{63+}/\text{Fe}(\text{CN})^{64+}$ à 0,005 M. Para verificação do comportamento difusional do filme de PANI sobre o ECV, os valores do pico anódico I_{pa} e do pico catódico foram plotados em relação a raiz quadrada da velocidade de varredura.

A estabilidade do filme de PANI foi avaliado através da polimerização no ECV, executando VC em 30 ciclos em uma janela de potencial de -0,2 V a 0,6 V, a uma velocidade de varredura de 50 mV.s^{-1} . O coeficiente de variação (CV%) dos picos de corrente de cada eletrodo foi calculado com o objetivo de avaliada sua estabilidade e reprodutibilidade operacional. O coeficiente de variação para o I_{pa} foi de 4% e para o i_{Pc} foi de 2%. Como os valores de corrente catódico e anódico estão abaixo de 5%, infere-se que o filme encontra-se estável.

7 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos para o trabalho, abordando discussões e análises/avaliação dos métodos empregados para a obtenção dos resultados do sistema em estudo.

Com base nos dados resultantes experimentalmente, infere que em relação à comparação do perfil eletroquímico de síntese do filme de PANI submetidos a diferentes valores de pH, o voltamograma demonstrativo do gráfico na **Figura 3** analisa a altura dos picos de corrente anódica (*inset*), pelo qual observa-se que o filme de PANI polimerizado em $\text{pH} = 4$ (ácido) apresentou uma melhor condutividade comparado aos meios básicos e neutros ($\text{pH} 9$ e $\text{pH} 7$, respectivamente). Diante do resultado a apresentado, foi escolhido e estudado uma solução ácida capaz de tornar o

perfil apropriado para a síntese do polímero. Desse modo, o ácido selecionado para a eletropolimerização da PANI e realização dos experimentos subsequentes foi o ácido sulfúrico (H_2SO_4).

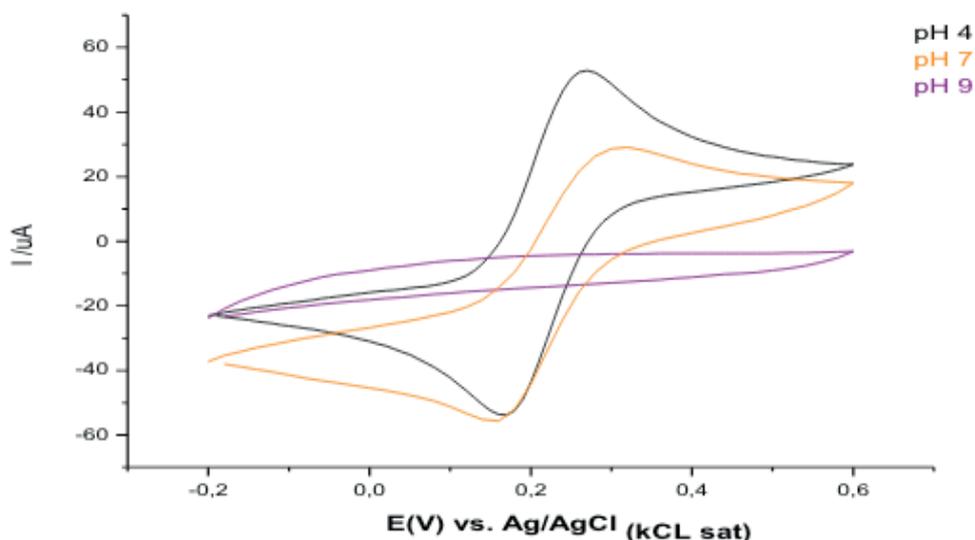


Figura 3. Voltamograma demonstrativo das medidas em pH 4, pH 7 e pH 9. Medidas realizadas em $\text{K}^3[\text{Fe}(\text{CN})_6] / \text{K}^4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) solução preparada em KCl ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) com velocidade de varredura de $0,05 \text{ V s}^{-1}$.

Quanto ao estudo da formação do filme em meio ácido (H_2SO_4) para diferentes concentrações do monômero da Anilina, no voltamograma demonstrativo da **Figura 4**, pode-se inferir que na concentração de $97,7 \text{ mM}$ obtivemos um valor ótimo com característica capacitiva, tendo em vista que a área da curva em rosa apresenta maior valor comparada as demais curvas. Os valores de picos anódicos e catódicos se mostram maiores também quando comparados as demais curvas (78 mM ; $97,74 \text{ mM}$; $119,46 \text{ mM}$), que mostra uma maior condutividade na concentração em questão.

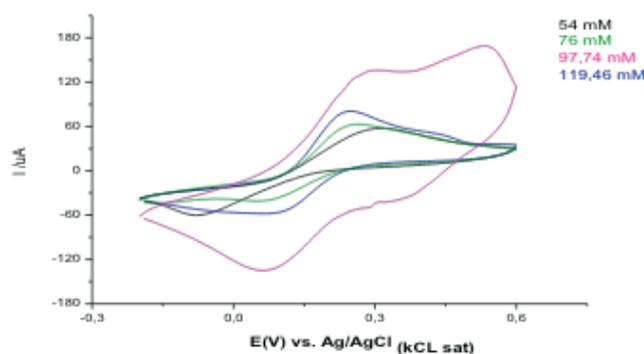


Figura 4. Voltamograma demonstrativo do uso da PANI com 54 mM – 76 mM – $97,7 \text{ mM}$ – $119,4 \text{ mM}$ em H_2SO_4 . Medidas realizadas em $\text{K}^3[\text{Fe}(\text{CN})_6] / \text{K}^4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) solução preparada em KCl ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) com velocidade de varredura de $0,05 \text{ V s}^{-1}$

Em relação ao estudo da estabilidade do filme PANI, demonstrado no

voltamograma da **Figura 5**, onde submeteu-se o ECV modificado com PANI a 30 ciclos voltamétricos consecutivos para verificar sua estabilidade em sonda de $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$, observa-se a repetição de um padrão entre as sucessivas medidas voltamétricas do ECV modificado com PANI, não existindo deslocamento considerável dos picos de oxidação e redução. O CV% calculado para o pico anódico (i_{pa}) e pico catódico (i_{pc}) foi de 4% e 2%, respectivamente, comprovando-se estabilidade do filme produzido, uma vez que os valores ideal/ótimo como resultado final é abaixo de 5% por pico.

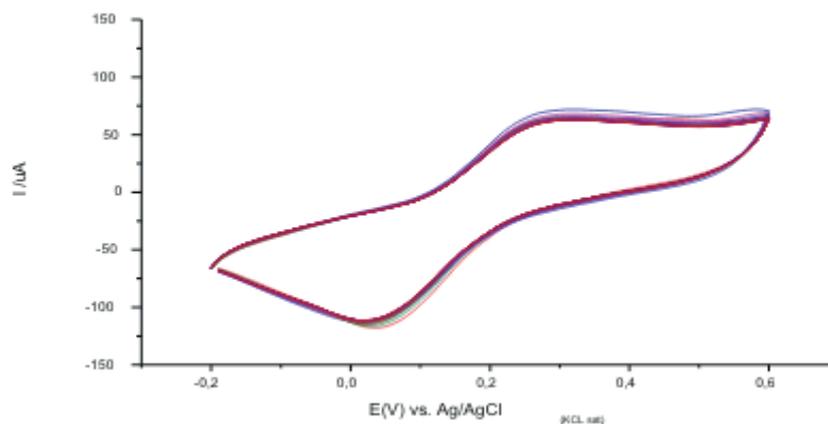


Figura 5. Teste de Estabilidade PANI. Medidas realizadas em $\text{K}^3[\text{Fe}(\text{CN})_6] / \text{K}^4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (0.005 mol L^{-1}) solução preparada em KCl (0.1 mol L^{-1}) com velocidade de varredura de 0.05 V s^{-1} em 30 ciclos. O coeficiente de variação para o i_{pa} foi de 4% e para o i_{pc} foi de 2%.

Já na **Figura 6**, referente ao estudo de velocidade de varredura no intervalo de 10 mV.s^{-1} a 150 mV.s^{-1} a cada 10 mV.s^{-1} , observa-se que foram obtidos resultados dos coeficientes de correlação linear de 0,9857 e 0,993 para os picos de corrente anódica e catódica, respectivamente (**inset**). Tal resultado é satisfatório e desejável para um sistema reversível, pelo qual a intensidade do pico anódico aumenta linearmente com o aumento da velocidade conforme com a equação de Randles Sevcik (equação 1).

Equação 1.

$$i_p = 0.4463 nFAc \left(\frac{nFvD}{RT} \right)^{\frac{1}{2}}$$

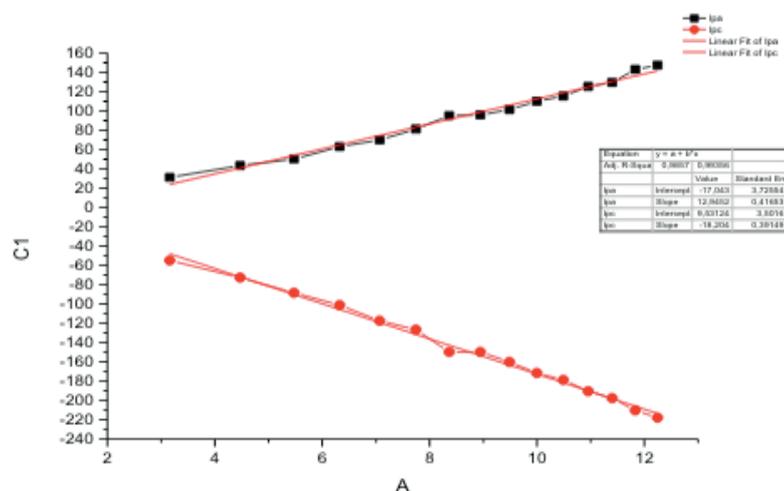


Figura 6. Velocidade de varredura de 10 mV a 150 mV em H₂SO₄. Medidas realizadas em K³[Fe(CN)₆]/K⁴[Fe(CN)₆] (0.005 mol L⁻¹) solução preparada em KCl (0.1 mol L⁻¹).

8 | CONCLUSÕES

Conclui-se com o estudo que a formação do filme polimérico de polianilina (PANI) em solução de Ácido Sulfúrico (pH4) possibilita o desenvolvimento de uma plataforma sensora altamente condutiva, vislumbrando a sua utilização em futuros dispositivos capazes de quantificar marcadores cardíacos para um diagnóstico rápido, prático e acessível aos profissionais e usuários. Além disso, também como perspectiva futura, a adição de nanomateriais como coadjuvantes na condução elétrica proporcionada pelo filme, irá impor novas e melhores formas de condutância e reconhecimento nos dispositivos.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, L.M. Voltametria: Conceitos e Técnicas. **Universidade Estadual de Campinas**, Instituto de Química, 2003.

ALMEIDA, L.C.P. Filmes Finos multicamadas de polímeros condutores, nanotubos de carbono e fulerenos modificados para aplicação na conversão de energia solar. (Tese) **Universidade Estadual de Campinas**, 2012.

CAVALLINI, M. Status and perspectives in thin films and patterning of spin crossover compounds. **Phys Chem Chem Phys**. Sep 14;14(34):11867-76, 2012.

Chauhan, N.P.S. Chapter 11 - Functionalized polyaniline and composites. In: MOZAFARI, M. and Chauhan, N.P.S. **Fundamentals and Emerging Applications of Polyaniline**. Elsevier, 2019. p. 177-201~

Deposição e Caracterização de Filmes, **PUC-Rio**, Certificação Digital: 9924963/CA<http://www2.dbd.

DHAND, C. et al. **Polyaniline-based biosensors**. *Nanobiosensors in Disease Diagnosis*. vol. 4, p. 25–46, 2015

Diao, Y., Shaw, L., Bao, Z., & Mannsfeld, S. C. B. (2014). **Morphology control strategies for solution-processed organic semiconductor thin films**. *Energy and Environmental Science*, 7(7), 2145-2159.

FARZIN, L. et al. **Recent advances in designing nanomaterial based biointerfaces for electrochemical biosensing cardiovascular biomarkers**. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2018.

FLOREA, L.; LAHIFF, E.; DIAMOND, D. **Modified polyaniline nanofibres for ascorbic acid detection**, in: Conference Paper in MRS Online Proceeding Library Archive, vol. 1312, p. 131–5, 2011.

GHOSH, S. et al. **Nanostructured Conducting Polymers for Energy Applications: Towards a Sustainable Platform**. *Nanoscale*, 2016.

JÚNIOR, C.V.C. Técnicas de Caracterização de Polímeros. São Paulo: **Artliber Editora**, 2003.

LAHIFF, E.; SCARMAGNANI, S.; SCHAZMANN, B.; DIAMOND, D. **Covalent attachment of functional side-groups to polyaniline nanofibres**, *International Journal of Nanomanufacturing*. vol. 5, n.1, p.88-99, 2010

LIU, P. et al. **Two-dimensional polyaniline nanostructure to the development of microfluidic integrated flexible biosensors for biomarker detection**. *Biomed Microdevices*. v. 18, n. 113, 2016.

MASSA, K.H.C. et al. **Análise da prevalência de doenças cardiovasculares e fatores associados em idosos, 2000-2010**. *Ciência e saúde coletiva*. v.24, n. 1, jan., 2019.

MEDEIROS, E.S. ; **Uso de Polímeros Condutores em Sensores**. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.7.2 N. 62 – 77, (2012)

MO, X. et al.. **A sensitive and regenerative electrochemical immunosensor for quantitative detection of Escherichia coli O157: H7 based on stable polyaniline coated screen-printed carbon electrode and rGO-NR-Au@ Pt**. *Anal Methods*. vol. 11, p.1475–1482, 2019

MOUSA, H.M.; AGGAS, J.R.; GUISEPPI-ELIE, A. **Electropolymerization of aniline and (N-phenyl-o-phenylenediamine) for glucose biosensor application**. *Materials Letters*. vol. 238, p. 267-2701, 2019

PADILLA, Ronald Marcos Arcos. **Estudo de transporte de carga de polímeros de polianilina**. 2011. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

PICOLLI, J.P.; CILLI, E.M. **Validação de monocamadas peptídicas auto-organizadas com marcador redox no desenvolvimento de imunossensores capacitivos [tese]**. Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista: 2019

Sajid Iqbal, Sharif Ahmad, Recent development in hybrid conducting polymers: Synthesis, applications and future prospects, **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 60, p. 53-84, 2018.

SHOAI, N.; FOROUZANDEH, M.; OMIDFAR, K. **Voltammetric determination of the Escherichia coli DNA using a screen-printed carbon electrode modified with polyaniline and gold nanoparticles**. *Microchimica Acta*. vol. 185, p. 217, 2018

SOARES, E.C.L.; DUTRA, R.A.F. **Desenvolvimento de testes diagnósticos para Hepatite B baseados em imunossensores** [tese]. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências: Biotecnologia, 2016.

VITORINO, A.R.A.M. Estudo de técnicas de deposição de filmes finos poliméricos à base de silanos. (Dissertação) **Universidade Nova de Lisboa**, 2011.

World Heart Federation. The Brazil Declaration. 2016. [Cited in 2019 Abr 12]. Available from: <http://www.world-heart-federation.org/wcc-2016/theBrazil-declaration/United Nations>.

YANG, Y. et al. **Investigation of a polyaniline-coated copper hexacyanoferrate modified glassy. Electroanalysis**. vol. 5, n. 4, p. 335–44, 2014

SOBRE O ORGANIZADOR

Edson da Silva possui graduação em Fisioterapia pela Fundação Educacional de Caratinga (2001). Obteve seu título de Mestre (2007) e o de Doutor em Biologia Celular e Estrutural pela Universidade Federal de Viçosa (2013). É especialista em Educação em Diabetes pela Universidade Paulista (2017) e realizou cursos de aperfeiçoamento em Educação em Diabetes pela parceria ADJ do Brasil, *International Diabetes Federation* e Sociedade Brasileira de Diabetes (2018). Pós-Graduando em Tecnologias Digitais e Inovação na Educação (2019-2020). É professor e pesquisador da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, desde 2006, lotado no Departamento de Ciências Básicas (DCB) da Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (FCBS). Ministra disciplinas de Anatomia Humana para diferentes cursos de graduação. No Programa de Pós-Graduação em Saúde, Sociedade e Ambiente atua na linha de pesquisa Educação, Saúde e Cultura. É vice coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, no qual atua nas áreas de Nutrição e Saúde Coletiva. É líder do Grupo de Estudo do Diabetes credenciado pelo CNPq no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil. Desde 2006 desenvolve ações interdisciplinares de formação em saúde mediada pela extensão universitária, entre elas várias coordenações de projetos locais, além de projetos desenvolvidos no Projeto Rondon com atuações nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. É membro da Sociedade Brasileira de Diabetes, membro de corpos editoriais e parecerista *ad hoc* de revistas científicas internacionais da área da saúde. Tem experiência na área da Saúde, atuando principalmente nos seguintes temas: Anatomia Humana; Diabetes *Mellitus*; Processos Tecnológicos Digitais e Inovação na Educação em Saúde; Educação, Saúde e Cultura.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açaí 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Álbun seriado 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105
Ambientes não formais 90, 91, 93, 96, 97
Amido de milho 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 132
Amilase 125, 129
Anatomia 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 159
Andiroba 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Antifúngicos 75, 76, 84, 85
Aprendizagem 91, 95, 97, 99, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 114, 115, 152, 154
Atividade hidrolítica 1, 3, 4, 5, 6, 7

B

Bem-estar animal 150, 154, 157
Biofilme 74, 75, 76, 78, 82, 83, 84, 85
Biossensores 135, 136, 140, 141

C

Caffeine 117, 118, 119, 120, 121, 122
Candida 8, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
Carapa guianensis 9, 11, 14
Células de Hofbauer 16, 17, 19
Cevada 123, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132
Ciências Naturais 9, 90, 91, 99, 101, 102, 104
Coffee husk 117, 118, 119, 120, 121
Coinfecção 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45
Composição físico-química 9, 10, 12
Crystallization 117, 118, 119, 120, 121
Cuidador 87, 88

D

Doenças Cardiovasculares 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 148

E

Educação 32, 35, 52, 56, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 115, 159
Eletropolimerização 135, 136, 138, 139, 143, 144, 145
Ensino de biologia 90
Estágio 19, 50, 53, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 139
Estresse Oxidativo 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73
Etanol 4, 78, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133
Euterpe oleracea 9, 11, 14

F

Fermentação alcoólica 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133

G

Gestação 16, 17, 18, 19, 22, 24

Girassol 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

H

Helmintose Emergente 46, 47, 48, 49

Hidrólise 1, 2, 4, 5, 7, 8, 15, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Hidrólise enzimática 8, 123, 124, 125, 126, 127

Histologia 16, 17, 19

HIV 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

J

Jardim zoológico 150, 153, 155, 156

Jogos educacionais 107, 109, 114

L

Lagochilascariase 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58

Lagochilascaris minor 46, 47, 49, 50, 57, 58

Lipase 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

M

Malte 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132

Moringa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

P

Placenta 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25

Polianilina 135, 136, 137, 140, 141, 143, 147, 148

Polímeros condutores 135, 136, 137, 139, 147, 148

Psicossocial 87, 88

R

Recursos didáticos 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105

Resíduos orgânicos 9, 10

Ruído 150, 152, 154, 155, 156, 157, 158

S

Saúde pública 28, 39, 40, 44, 48, 58, 62, 88, 158

T

Tecnologias de informação e comunicação 99, 100, 105

Testosterona 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73

TICs 99, 100, 101, 103, 104, 105

Tuberculose 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Z

Zoonose 46, 48, 52

 **Atena**
Editora

2 0 2 0