



MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 4

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

M514 Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 4 [recurso eletrônico]
/ Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-330-9

DOI 10.22533/at.ed.309191604

1. Agroecologia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira. IV. Série.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

APRESENTAÇÃO

A obra Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia vem tratar de um conjunto de atitudes, de ideias que são viáveis para a sociedade, em busca da preservação dos recursos naturais.

Em sua origem a espécie humana era nômade, e vivia integrada a natureza, sobreviviam da caça e da colheita. Ao perceber o esgotamento de recursos na região onde habitavam, migravam para outra área, permitindo que houvesse uma reposição natural do que foi destruído. Com a chegada da agricultura o ser humano desenvolveu métodos de irrigação, além da domesticação de animais e também descobriu que a natureza oferecia elementos extraídos e trabalhados que podiam ser transformados em diversos utensílios. As pequenas tribos cresceram, formando cidades, reinos e até mesmo impérios e a intervenção do homem embora pareça benéfica, passou a alterar cada vez mais negativamente o meio ambiente.

No século com XIX as máquinas a vapor movidas a carvão mineral, a Revolução Industrial mudaria para sempre a sociedade humana. A produção em grande volume dos itens de consumo começou a gerar demandas e com isso a extração de recursos naturais foi intensificada. Até a agricultura que antes era destinada a subsistência passou a ter larga escala, com cultivos para a venda em diversos mercados do mundo. Atualmente esse modelo de consumo, produção, extração desenfreada ameaça não apenas a natureza, mas sua própria existência. Percebe-se o esgotamento de recursos essenciais para as diversas atividades humanas e a extinção de animais que antes eram abundantes no planeta. Por estes motivos é necessário que o ser humano adote uma postura mais sustentável.

A ONU desenvolveu o conceito de sustentabilidade como desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer seus próprios anseios. A sustentabilidade possui quatro vertentes principais: ambiental, econômica, social e cultural, que trata do uso consciente dos recursos naturais, bem como planejamento para sua reposição, bem como no reaproveitamento de matérias primas, no desenvolvimento de métodos mais baratos, na integração de todos os indivíduos na sociedade, proporcionando as condições necessárias para que exerçam sua cidadania e a integração do desenvolvimento tecnológico social, perpetuando dessa maneira as heranças culturais de cada povo. Para que isso ocorra as entidades e governos precisam estar juntos, seja utilizando transportes alternativos, reciclando, incentivando a permacultura, o consumo de alimentos orgânicos ou fomentando o uso de energias renováveis.

No âmbito da Agroecologia apresentam-se conceitos e metodologias para estudar os agroecossistemas, cujo objetivo é permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maior sustentabilidade, como bem tratam os autores desta obra. A agroecologia está preocupada com o equilíbrio da natureza e a produção de alimentos sustentáveis, como também é um organismo vivo com sistemas integrados

entre si: solo, árvores, plantas cultivadas e animais.

Ao publicar esta obra a Atena Editora, mostra seu ato de responsabilidade com o planeta quando incentiva estudos nessa área, com a finalidade das sociedades sustentáveis adotarem a preocupação com o futuro. Tenham uma excelente leitura!

Tayronne de Almeida Rodrigues

João Leandro Neto

Dennyura Oliveira Galvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SYNTHESIS OF TRANSITION METAL NITRIDE AT LOW TEMPERATURE FROM COMPLEXED PRECURSOR	
Rayane Ricardo da Silva Carlson Pereira de Souza André Luís Lopes Moriyama	
DOI 10.22533/at.ed.3091916041	
CAPÍTULO 2	8
TÉCNICAS ASSOCIADAS DE REMEDIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO POR HIDROCARBONETOS: ESTUDO DE CASO EM POSTO DE COMBUSTÍVEL	
José Eduardo Taddei Cardoso Paulo Cesar Lodi Ana Maria Taddei Cardoso de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042	
CAPÍTULO 3	17
TÉCNICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE POMAR DE CUPUAÇUZEIRO COM HISTÓRICO DE ALTA INFESTAÇÃO DA DOENÇA VASSOURA-DE-BRUXA	
Hyanameyka Evangelista de Lima Primo Teresinha Silveira Costa Albuquerque Alcides Galvão dos Santos Rosiere Fonteles de Araújo Ezequiel Souza Queiroz Raimundo Silva Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.3091916043	
CAPÍTULO 4	26
TELECONEXÕES ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL E O MODO ANULAR AUSTRAL EM EVENTOS EXTREMOS DE ONDA NAS REGIÕES OCEÂNICAS SUL E SUDESTE DO BRASIL	
Luthiene Alves Dalanhese Thaís Lobato Sarmento André Luiz Belém	
DOI 10.22533/at.ed.3091916044	
CAPÍTULO 5	38
TOPOSLICER® SOFTWARE FOR BIOINSPIRATION USING DOD INKJET PRINTING: FROM AFM IMAGE OF LEAFS TEMPLATES TO A PVB REPLICA OF NON-WETTING SURFACES	
Rosely Santos de Queiroz Elibe Silva Souza Negreiros Sílvio Barros de Melo Severino Alves Júnior Petrus d'Amorim Santa Cruz Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3091916045	

CAPÍTULO 6 45

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PROSIMPLUS® PARA SIMULAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONVENCIONAL

Tatiana da Silva Sant'Ana
Thaís Cardozo Almeida
Sávio de Meneses Leite Asevedo
Isabella Muniz Monteiro Neves
Elisa Barbosa Marra
Camilla Rocha de Oliveira Fontoura
Moisés Teles Madureira
Cristiane de Souza Siqueira Pereira

DOI 10.22533/at.ed.3091916046

CAPÍTULO 7 54

REMOÇÃO DE CIANOTOXINAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque
Amanda da Silva Barbosa Cartaxo
Ana Alice Quintans de Araújo
Regina Wanessa Geraldo Cavalcanti Lima
Kely Dayane Silva do Ó
Wilton Silva Lopes

DOI 10.22533/at.ed.3091916047

CAPÍTULO 8 65

REMOÇÃO DE EFLUENTE AZUL DE METILENO A PARTIR DA INCLUSÃO DO ADSORVENTE FORMADO POR ÓXIDO DE GRAFITE MISTURADO EM AREIA

Daniel Mantovani
Aline Takaoka Alves Baptista
Luís Fernando Cusioli
Paulo Cardozo Carvalho Araújo
Renan Araújo De Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.3091916048

CAPÍTULO 9 73

REPRODUÇÃO E PREFERÊNCIA DE *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) SUBMETIDOS A EXTRATOS DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul

Delzuite Teles Leite
Adcleia Pereira Pires
Fabricio Chagas Sobrinho
Claudia Oliveira dos Santos
Edson Braz Santana

DOI 10.22533/at.ed.3091916049

CAPÍTULO 10 79

SOLUÇÃO BIOTECNOLÓGICA APLICADA EM REDE DE TRANSPORTE DE ESGOTO PARA REDUÇÃO DE GÁS ODORÍFICO (H₂S)

Abraão Evangelista Sampaio
Almira dos Santos França Carvalho
Marylia Albuquerque Braga
Marcius Guimarães Pinheiro de Lemos

DOI 10.22533/at.ed.30919160410

CAPÍTULO 11 89

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS ARGILO-POLIMÉRICOS PARA O REUSO DE ÁGUA

Roberto Rodrigues Cunha Lima
Gabriela Medeiros dos Santos
Paulla Beatriz França de Sousa
Paulo Douglas Santos de Lima

DOI 10.22533/at.ed.30919160411

CAPÍTULO 12 101

ANÁLISE DE FALHAS E RISCOS AMBIENTAIS: O USO DA FERRAMENTA FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO CAMPUS JOÃO PESSOA DO IFPB

Jéssica Silva Ramalho
Adriano Lucena da Silva
Maria Deise da Dores Costa Duarte

DOI 10.22533/at.ed.30919160412

CAPÍTULO 13 111

ANÁLISE DE EFICIENCIA DE UM COLETOR SOLAR PVT POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA COM BASE NO MAPA SOLARIMETRICO DE MINAS GERAIS

Geisiane Aparecida de Lima
Fábio Moreira Teixeira
Marcos Vinícius da Silva
Rudolf Huebner
Lucas Paglioni Pataro Faria

DOI 10.22533/at.ed.30919160413

CAPÍTULO 14 120

ANÁLISE DE FOURIER PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PERÍODOS DOMINANTES INTRADIÁRIOS DO FLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO EM SINOP-MT

Stéfano Teixeira Silva
Sergio Roberto de Paulo
Adriel Martins Lima
Leomir Batista Neres
Ricardo Vanjura Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.30919160414

CAPÍTULO 15 134

LEVANTAMENTO DAS ETNOVARIEDADES DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) NOS ECOSISTEMAS DE TERRA FIRME NAS COMUNIDADES DO LAGO DO ANTÔNIO, PROJETO DE ASSENTAMENTO AGROEXTRATIVISTA SÃO JOAQUIM –HUMAITÁ/AM

Erika Micheilla Brasil
Aurelio Diaz
Sonia Maria Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.30919160415

CAPÍTULO 16 141

MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ATMOSFERA POR AMOSTRAGEM PASSIVA COMO PARTE DA GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Karina Stella da Silva Ferreira dos Santos
Aurora Mariana Garcia de Franca Souza

DOI 10.22533/at.ed.30919160416

CAPÍTULO 17 148

NANOGERADORES TRIBOELÉTRICOS: NOVOS DISPOSITIVOS PARA ENERGY HARVESTING

Nilsa Toyoko Azana
Pei Jen Shieh
Talita Mazon
Natanael Lopes Dias
Antônio Carlos Camargo do Amaral

DOI 10.22533/at.ed.30919160417

CAPÍTULO 18 157

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO E NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO: SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA REMEDIAÇÃO DE EFLUENTESCONTENDO O CORANTE RODAMINA B

Francisco Xavier Nobre
Rosane dos Santos Bindá
Elton Ribeiro da Silva
Rodrigo Muniz de Souza
José Milton Elias de Matos
Lizandro Manzato
Yurimiler Leyet Ruiz
Walter Ricardo Brito
Paulo Rogério da Costa Couceiro

DOI 10.22533/at.ed.30919160418

CAPÍTULO 19 175

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marcelo Vitor Ferreira Machado
José Brant de Campos
Marilza Sampaio Aguilar
Vitor Santos Ramos

DOI 10.22533/at.ed.30919160419

CAPÍTULO 20 184

BATERIAS LI-O₂ E A INFLUÊNCIA DE ESTRUTURAS CATALÍTICAS AO ELETRODO DE OXIGÊNIO

Gustavo Doubek
Leticia Frigerio Cremasco
André Navarro de Miranda
Lorrane Cristina Cardozo Bonfim Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.30919160420

CAPÍTULO 21	197
BIOSENSORES À BASE DE ÓXIDOS METÁLICOS TRANSPARENTES: TRANSISTORES DE EFEITO DE CAMPO (FETS) E NANOFIOS	
Cleber Alexandre de Amorim Kate Cristina Blanco Ivani Meneses Costa Adenilson José Chiquito	
DOI 10.22533/at.ed.30919160421	
CAPÍTULO 22	214
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS DE BLENDA POLIMÉRICAS DE PHBV COM ELASTÔMEROS	
Fernanda Menezes Thais Ferreira da Silva Fábio Roberto Passador Ana Paula Lemes	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042122	
CAPÍTULO 23	227
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE TAMARILHO EM FUNÇÃO DO ENSACAMENTO	
Fábio Oseias dos Reis Silva José Darlan Ramos Nathalia Vállery Tostes Iago Reinaldo Cometti Alexandre Dias da Silva Letícia Gabriela Ferreira de Almeida Renata Amato Moreira Miriã Cristina Pereira Fagundes Verônica Andrade dos Santos Giovani Maciel Pereira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042123	
CAPÍTULO 24	233
CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA E QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE JACARANDÁ-DA-BAHIA (<i>Dalbergia nigra</i> (VELL.) FR. ALL. EX BENTH.)	
Tatiana Reis dos Santos Bastos Jacqueline Rocha Santos Cleidiane Barbosa dos Santos Jerffson Lucas Santos Otoniel Magalhães Morais	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042124	
CAPÍTULO 25	239
ESTUDO COMPARATIVO DE PEROVSKITAS CATALÍTICAS OBTIDAS POR MÉTODOS QUÍMICOS MOLHADOS PARA CONVERSÃO DOS COV'S	
Cássia Carla de Carvalho Anderson Costa Marques Alexandre de Souza Campos Felipe Olobardi Freire Filipe Martel de Magalhães Borges	

Juan Alberto Chavez Ruiz

DOI 10.22533/at.ed.3091916042125

CAPÍTULO 26 249

**AVALIAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS DA MICRO BACIA TIETÊ BATALHA
POR MEIO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**

Ana Maria Taddei Cardoso de Barros

Paulo Cesar Lodi

José Eduardo Taddei Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.3091916042126

CAPÍTULO 27 261

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA ZONA INDUSTRIAL DO MENDANHA,
CAMPO GRANDE, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Alessandra Matias Alves

Aron da Silva Gusmão

Devyd de Oliveira da Silva

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

DOI 10.22533/at.ed.3091916042127

CAPÍTULO 28 271

**AVALIAÇÃO ECOTÓXICOLOGICA DE EFLUENTES NA ZONA INDUSTRIAL DE
SANTA CRUZ, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

Sirléia Conceição de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.3091916042128

CAPÍTULO 29 283

**INFLUENCE OF DIFFERENT PERCENTAGES OF ALUMINA ADDITION IN THE
HIGH ENERGY BALL MILLING PROCESS OF THE AISI 52100 STEEL**

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

Carlos Alberto Rodrigues

Geovani Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.3091916042129

CAPÍTULO 30 290

**ON THE ASSESSMENT OF DYE RETENTION IN QUARTZ-BASED CERAMIC
POROUS MATERIAL BY OPTICAL FIBER SENSOR**

Marco César Prado Soares

Murilo Ferreira Marques Santos

Egont Alexandre Schenkel

Beatriz Ferreira Mendes

Gabriel Perli

Samuel Fontenelle Ferreira

Eric Fujiwara

Carlos Kenichi Suzuki

DOI 10.22533/at.ed.3091916042130

CAPÍTULO 31	296
APLICAÇÃO DE ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES PARA DETECÇÃO DE PRODUTOS ENZIMÁTICOS MICROBIANOS	

Cleber Alexandre de Amorim
Kate Cristina Blanco

DOI 10.22533/at.ed.3091916042131

SOBRE OS ORGANIZADORES.....	311
------------------------------------	------------

APLICAÇÃO DE ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES PARA DETECÇÃO DE PRODUTOS ENZIMÁTICOS MICROBIANOS

Cleber Alexandre de Amorim

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Engenharia
Tupã – São Paulo

Kate Cristina Blanco

Universidade de São Paulo, Instituto de Física de
São Carlos
São Carlos – São Paulo

RESUMO: As enzimas são proteínas que apresentam propriedades altamente específicas e catalisam reações formando produtos a partir de substratos. As enzimas são de origem celular ou sintetizadas quimicamente. As enzimas microbianas tem sido uma forma de tecnologia utilizada para gerar uma economia sustentável e favorável ao ambiente. Entretanto, em um sistema de geração de produtos microbianos diversos metabólitos são formados requerendo assim métodos mais eficientes de monitoramento de qualificação e/ou quantificação desses produtos. Os métodos utilizados atualmente para isso são baseados em técnicas colorimétricas que apresentam diversas limitações. Neste contexto iremos salientar a enzima ciclodextrina glicosiltransferase que produz uma substância (ciclodextrina) de propriedade altamente usual nas industriais, principalmente de fármacos e alimentos. Assim, neste contexto iremos apresentar um texto que demonstra o progresso

da detecção desses biocompostos frente a biosensores usuais, como os funcionalizados com biomoléculas específicas, e a possibilidade de otimização desse sensoriamento utilizando óxidos condutores transparentes.

PALAVRAS-CHAVE: Enzima; Ciclodextrina; Óxidos Condutores Transparentes

ABSTRACT: Enzymes are proteins which exhibit highly specific properties and it is catalyze reactions forming products from substrates. The enzymes are of cellular origin or chemically synthesized. Microbial enzymes have been a technology form used to generate a sustainable economy and environmentally friendly. However, the microbial product generation are formed a number of metabolites that require more efficient methods for monitoring of qualification and/or quantification of products. The methods currently used for this are based on colorimetric techniques that have several limitations. In this context we will highlight the enzyme cyclodextrin glycosyltransferase which produces a substance highly usual in industrial, mainly food and drug. Thus, in this context we will present a text that demonstrates the progress of the detection of these biocomposites to the usual biosensors, such as those functionalized with specific biomolecules, and the possibility of optimization of this sensing using transparent conductive oxides.

1 | INTRODUÇÃO

O primeiro sensor enzimático foi relatado por Updike e Hicks em 1967 (UPDIKE; HICKS, 1967). Estes biossensores foram feitos por métodos de imobilização de enzimas em superfícies (WALT; AGAYN, 1994). A detecção da biomolécula ocorre pela adsorção de por ligações químicas como van der Waals, iônica ou covalentes (TOUBANAKI et al., 2009). Normalmente as enzimas imobilizadas utilizadas em sistemas de biossensores são oxidorreduções, peroxidases ou aminooxidasas (SMUTOK et al., 2005). Para isso, a enzima é imobilizada em materiais específicos que reconhecem biomoléculas de interesse de características específicas para a ligação com a enzima e a partir disso emitindo sinais químicos ou físicos (WALT; AGAYN, 1994). Esses sistemas estão sendo cada vez mais aplicados em:

Indústria de alimentos: no monitoramento do envelhecimento de cervejas (MINUSSI; PASTORE; DURÁN, 2002); detecção de patógenos como bactérias degradantes (IVNITSKI et al., 1999); na detecção de pesticidas e aditivos alimentares em fora do parâmetro de especificação (VAMVAKAKI; CHANIOTAKIS, 2007);

i) Em processos de fermentação (MEHROTRA, 2016): controlando a qualidade do processo, monitorando a presença de metabólitos microbianos, biomassa, enzimas, ou subprodutos do processo (MEHROTRA, 2016);

ii) No campo médico: diagnóstico de doenças crônicas como diabetes mellitus (SALEK-MAGHSOUDI et al., 2018); detecção de doenças infecciosas causadas por vírus e bactérias (RADKE; ALOCILJA, 2005); detecção de múltiplos marcadores de câncer (BOHUNICKY; MOUSA, 2011); diagnóstico precoce de doenças a partir da detecção de biomarcadores; monitoramento de doença e resposta ao tratamento (MACH; WONG; LIAO, 2011);

iii) Em pesquisas referentes a biologia celular: permite a regulação das enzimas em nível celular; investigação da expressão gênica (ROGERS et al., 2015), localização de proteínas (STREHLITZ; NIKOLAUS; STOLTENBURG, 2008); sinais de transcrição celular e apoptose (CHAN et al., 2007).

A sustentabilidade ambiental de materiais sintetizados quimicamente traz a necessidade do desenvolvimento de produtos a partir de células microbianas. Assim, a engenharia metabólica tem sido vista como uma tecnologia com capacidade de gerar uma bioeconomia sustentável. A alta capacidade de geração de diversidade de produtos microbianos também requer métodos eficientes de monitoramento e quantificação de seus produtos. Os métodos utilizados para esse objetivo são baseados em espectroscopia, porém eles apresentam uma detecção limitada. Para contornar este obstáculo, este capítulo descreverá sobre a possibilidade do uso de biossensores

no monitoramento in vivo do metabolismo microbiano por meio da análise de seus produtos.

Os óxidos condutores transparentes como SnO₂, ZnO e In₂O₃ são materiais que apresentam um propriedades como transparência na região visível e condutividade elétrica, e é esta propriedade que faz que esses materiais sejam utilizados como biosensores (CID; SPADA; SARTORELLI, 2013). Com a funcionalização desses biosensores pode-se detectar sinais elétricos a partir da ligação com biomoléculas enzimáticas em processos de fermentação a partir do crescimento bacteriano Figura 1.

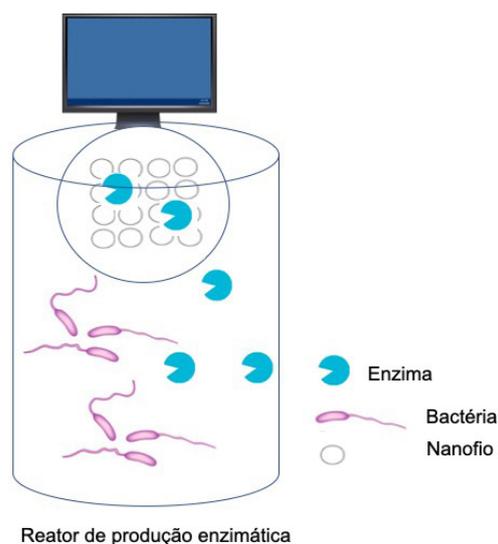


Figura 1 – Biosensores de nanofios na detecção de enzimas microbianas durante processos de fermentação.

2 | ENZIMAS MICROBIANAS

Processos mediados por enzimas tem se destacado devido ao tempo de processo de produção desses produtos industriais ser reduzido, realizar degradação de substratos de baixa energia (VAN DEN BRINK; DE VRIES, 2011), apresentar características não-tóxicas e favoráveis do ambiente (MINTEER; LIAW; COONEY, 2007). Esses fatores associados motivam o uso de enzimas microbianas em aplicações industriais devido a demanda de bens de consumo, a necessidade de redução de custos de processos, ao esgotamento dos recursos naturais e a segurança ambiental (KIRK; BORCHERT; FUGLSANG, 2002). O mercado mundial de enzimas industriais apresenta um crescimento de 7% ao ano desde 2014 com valor estimada de US \$ 4,2 bilhões Figura 2.

As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores em quase todas as reações químicas necessárias para suportar todas as reações bioquímicas existentes que sustentam um sistema vital (SEGEL, 2013). As enzimas são altamente específicas e atuam diminuindo gastos de energia de ativação em reações para a formação e degradação de substâncias. As enzimas exigem condições de temperatura e pH ideais para realizar reações de bioquímicas de transformação de substratos (JURADO et al.,

2004).

Microrganismos incluindo principalmente bactérias e fungos são fontes favoráveis para a produção de enzimas industriais devido à fácil disponibilidade e rápida taxa de crescimento microbiano (KARIGAR; RAO, 2011). A produção dessas enzimas é importante em setores industriais devido ao seu alto e superior desempenho catalítico de diferentes fontes microbianas (ABRAHAM; CHAIN, 1940). A aplicação de microrganismos em diferentes bioprocessos é usada para fornecer uma variedade de produtos nas indústrias aplicadas (RENGE; KHEDKAR; NANDURKAR, 2012).

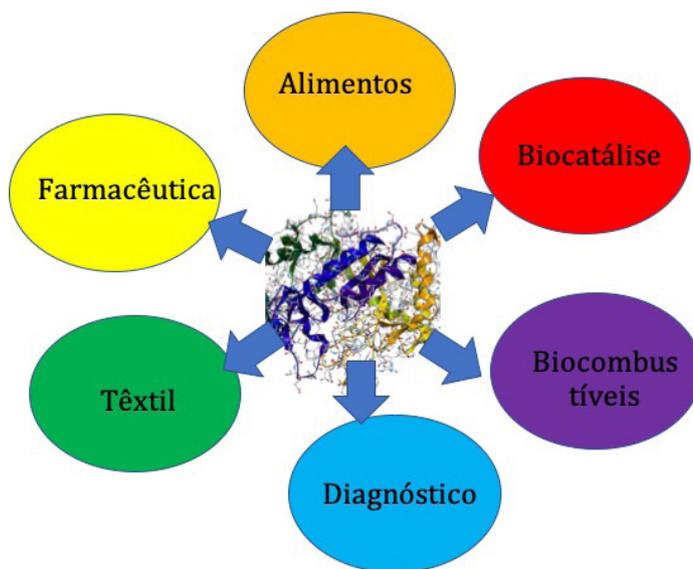


Figura 2 – Aplicação de enzimas em diversos ramos industriais

2.1 Ciclodextrina glicosiltransferase

A Ciclodextrina glicosiltransferase (CGTase) é uma enzima capaz de converter amido em ciclodextrinas (CDs) e além de outros derivados. A CGTase otimiza a ciclização de amido ou derivados ou seja, converte α -1,4-glucanos em CDs, por uma reação chamada de transglicosilação intramolecular, na qual ocorre o acoplamento com a abertura de anéis de CDs e a desproporcionalização por meio da reação de transglicosilação intermolecular, levando assim a formação de produtos cíclicos a partir do amido, as chamadas CDs (BLANCO et al., 2014). Essa reação resulta em uma mistura no rendimento dos oligosacarídeos cíclicos formados referente ao número de unidades de glicose que compõe a CD. As CGTases são classificadas como α - β - e γ -CGTases dependendo do número de unidades de glicose que forma CD. Os domínios de ligação da enzima vem sendo sendo relacionadas a ligação da enzima ao amido e na sua orientação das amilases para o sítio ativo. As CGTases apresenta quatro domínios bem conhecidos: (A) catalítico; (B) é uma região inserida após o domínio A; (C e E) ligação com grânulos de amido (PENNINGA et al., 1996).

2.1.1 Ciclodextrinas

As CDs são moléculas cíclicas descobertas em 1891 e estudadas desde início

do século XX. Entretanto, somente se tornaram um tema de interesse científico na década de 80. As CDs são oligossacarídeos cíclicos ligados por ligações 1-4, podendo ser formado por 6, 7, ou 8 unidades de glicose, sendo chamadas de α -, β - e γ -CD. Entretanto, existem CDs descritas com até 13 unidades de glicose. Essas unidades de glicose estão ciclicamente arranjadas devido à falta de rotação livre em nível das ligações. Gerando assim uma estrutura em forma de cone truncado com uma cavidade revestida com prótons e pares de átomos de oxigênio glicosídicos proporcionando uma cavidade de caráter hidrofóbico apolar, características que vão proporcionar diversas aplicações dessas moléculas. Essas características impedem a formação de ligação de hidrogênio com moléculas de água, resultando em baixa solubilidade e externamente apresenta caráter hidrofílico (HARADA, 2001).

Assim, em solução aquosa, as moléculas de água no interior da cavidade de CD podem ser facilmente substituídas por moléculas apolares, as chamadas moléculas hospedes. Estas propriedades vão permitir a formação de complexos de inclusão com uma grande variedade de moléculas hidrofóbicas.

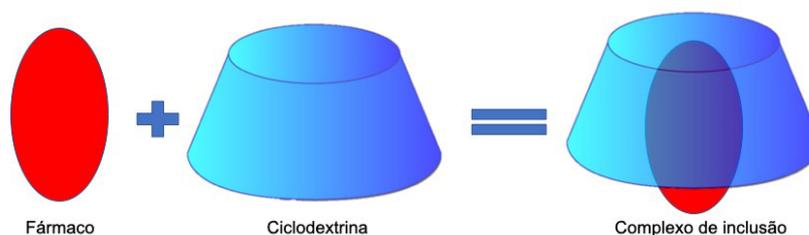


Figura 3 – Formação do complexo de inclusão de ciclodextrina com fármacos.

As CDs podem absorver moléculas de tamanho variados, ou mesmo partes da moléculas, formando assim esses complexos de inclusão para diversas aplicações como (LOFTSSON; DUCH[^], 2007):

- i) Solubilidade* de moléculas (BREWSTER; LOFTSSON, 2007)(LOFTSSON; HREINSDÓTTIR; MÁSSON, 2005)i.e. one drug molecule forms a complex with one cyclodextrin molecule, and the most common method for stoichiometric determination during formulation studies is the phase-solubility method. However, in recent years it has becoming increasingly clear that solubilizing effects of cyclodextrins are frequently due to the formation of multiple inclusion and non-inclusion complexes. The aqueous solubility of 38 different drugs was determined in pure aqueous solution, aqueous buffer solutions and aqueous cyclodextrin solutions, and the apparent stability constant ($K_{1:1}$ as CDs aumentam a solubilidade de fármacos insolúveis;
- ii) Biodisponibilidade* de moléculas (SHULMAN et al., 2011): evitam a cristalização de ingredientes ativos por meio da complexação de fármacos;
- iii) Estabilidade de moléculas* (CONNORS, 1997): melhoria da estabilidade química, física de fármacos;
- iv) Prevenção de incompatibilidade* (UEKAMA; HIRAYAMA; IRIE, 1998): separa fisicamente componentes incompatíveis quando complexados a fim de

prevenir a interação medicamentosa;

v) *Odor e sabor* (CIOBANU; LANDY; FOURMENTIN, 2013): odor desagradável e sabor amargo de alimentos e fármacos podem ser mascarados.

2.2 Atividade enzimática

A propriedade mais importante relacionada as enzimas é sua atividade catalítica que é a capacidade de realizar reações de transformação de substratos em produtos. Os ensaios para medir essa ação enzimática é chamada de atividade enzimática e pode ser medida pela taxa na qual um substrato é consumido ou a taxa na qual um produto se forma ao longo do tempo (REYMOND; FLUXÀ; MAILLARD, 2009).

Existem diversos métodos para se medir as concentrações tanto de substratos consumidos quanto de produtos formados durante uma reação enzimática. Nos ensaios realizados por medidas em espectrofotométricos é medida a mudança da quantidade de luz que a solução de ensaio absorve frente a substância em questão Figura 4. Os ensaios por métodos fluorométricos utilizam analisam a diferença na fluorescência do substrato e do produto para realizar-se as medidas de atividade enzimática. Em ensaios radiométricos é medido a incorporação de radioatividade em um substrato ou sua liberação dos substratos. Já os ensaios cromatográficos medem a formação de produto pela separação da mistura de reação em seus componentes por cromatografia.

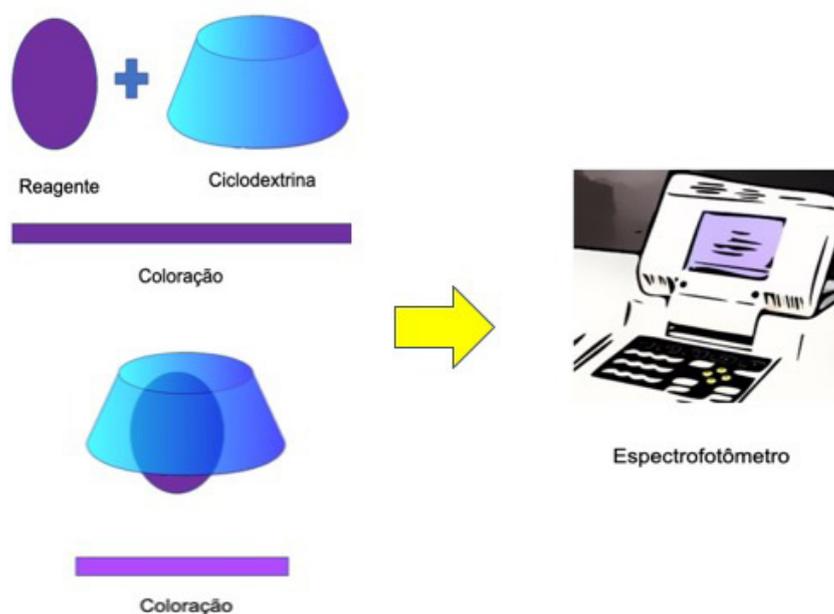


Figura 4 – Método colorimétrico de detecção (espectrofotômetro) de atividade enzimática a partir da formação do complexo de inclusão do produto enzimático, a CD.

3 | MONITORAMENTO DE BIOPROCESSOS

Um bioprocessamento se caracteriza por reações ou vias biológicas mediadas por células vivas como de microrganismos, animais ou humanas ou até mesmo enzimas

biológicas sobre condições controladas para biotransformação de matérias primas em produtos. Um bioprocessos pode compreender um conjunto de sistemas que incluem desde o tratamento da matéria prima; processos de produção biotecnológicos; e processos de separação e purificação de produtos.

O desenvolvimento de bioprocessos é responsável por grande parte dos custos do desenvolvimento de um medicamento no mercado criando assim estímulos para a otimização do monitoramento de desenvolvimento desses produtos. Os estágios iniciais de desenvolvimento de processo biotecnológicos são para otimizar medidas balanceamento de formação de produtos e consumo de substratos considerando diversos parâmetros. Durante estes processos biotecnológicos apenas parâmetros críticos normalmente são controlados por meio de medidas que garantem a qualidade e o rendimento do processo. Entretanto, a falta de sensores e ferramentas adequados para esse monitoramento tem sido observada durante a produção de produtos biotecnológicos.

Embora a pesquisa para a detecção e monitoramento de bioprocessos mediados por células microbianas seja crescente devida a ampla diversidade de metabólitos que podem ser produzidos a partir dos microrganismos, apenas uma pequena fração de novos sensores é adequada para uso em bioprocessos. Os bioprocessos são ambientes extremamente degradantes para biosensores, já que uma cultura microbiana em crescimento exponencial pode degradar esses sensores, principalmente se forem imobilizados com enzimas que muitas vezes são sensíveis a ambientes de pH e temperatura extremos e, assim, invalidar seus resultados de controle da produção de bioprodutos. Além disso, o meio de cultura de produção apresenta substâncias que interferem nas leituras do sensor. Assim, os biosensores utilizados muitas vezes são contaminados durante esse bioprocessos e assim impossíveis de continuar o monitoramento ideal, havendo problemas periódicos com a calibração destes sensores.

4 | BIOSENSORES

Um biosensor pode ser composto de em uma região de bioreconhecimento com um componente de biotransdução em um sistema eletrônico com amplificador de sinal e um monitor. O bioreceptor é projetado para interagir com um analito específico de interesse para produzir um efeito a ser medido por um transdutor. A capacidade de ligação específica e a atividade catalítica das enzimas as fazem biorreceptores muito utilizados. O reconhecimento do analito desejado pelas enzimas ocorre por meio de vários mecanismos possíveis:

- i) A enzima converte o substrato (Figura 5 – etapa 1) em um produto detectável por um sensor (Figura 5 – etapa 2);
- ii) A detecção da inibição ou ativação enzimática por um substrato;
- iii) Modificação das propriedades da enzima após interação com o substrato.

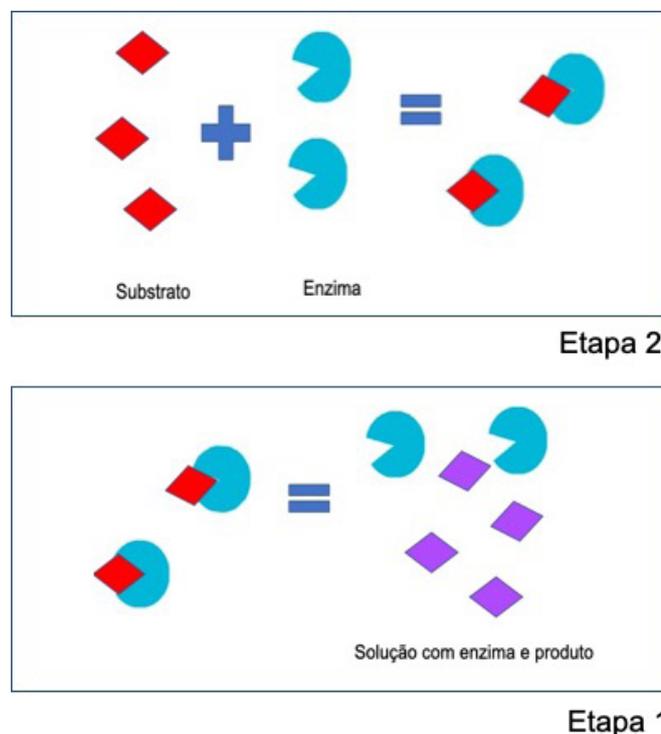
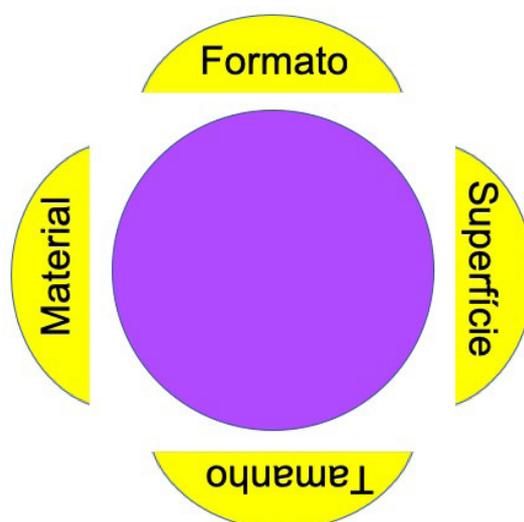


Figura 5 – Ação enzimática (etapa 1 e etapa 2)

As principais razões para o uso comum de enzimas em biossensores são devido a sua capacidade de catalisar diversas reações e ao potencial para detectar um grupo de substâncias. Entretanto, a atividade catalítica de enzimas também permite limites de detecção mais baixos em comparação com as técnicas de ligação comuns.

5 | NANOPARTICULAS UTILIZADAS EM SENSORES

Nanopartículas apresentam entre 1 e 100 nanômetros e são classificadas de acordo com seu tamanho, superfície, forma e material. Os materiais mais utilizados para a fabricação de nanopartículas são metais, carbono, polímeros, lipossomos. Os formatos mais utilizados são cubos, estrelas, esferas e fios Figura 6.



Devido a essas características apresentam propriedades distintas como diferenciada sensibilidade. Assim, os biossensores de nanopartículas têm o potencial de otimizar ou substituir as técnicas analíticas utilizadas.

Algumas propriedades físicas de diversos nanomateriais são ideais para serem utilizados como biossensores. As nanopartículas fluorescentes por exemplo podem produzir sinais intensos à luz, e então apresentar ligação resposta à presença de uma substância alvo que produz uma detecção extremamente sensível em solução. Além disso, a capacidade de aplicações para nanopartículas como de ouro, prata, materiais magnéticos e semicondutores apresentam propriedades ópticas e eletroquímicas que permitem emissão de sinais a partir da detecção de biomoléculas. A capacidade única dos nanossensores de melhorar a análise de diversos fluidos bioquímicos é discutida principalmente em diagnóstico molecular.

A aplicação mais comum da nanotecnologia de sensores é para o diagnóstico de diabetes pela detecção eletroquímica enzimática a partir de padrões de glicose (CASH; CLARK, 2011). A incorporação de nanomateriais nesses sensores pode trazer diversas vantagens como o aumento da área de superfície, a melhora na eficiência da transferência de elétrons para o eletrodo e assim a capacidade de incluir etapas catalíticas adicionais.

6 | ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES (SnO₂)

Os óxidos condutores transparentes (TCO) possuem um gap de energia na região do visível do espectro eletromagnético, entretanto refletem no infravermelho. Os TCOs tem sido utilizado como dispositivos para armazenamento de energia como células solares e em sensores de gás. A alta transparência e baixa resistividade elétrica desses compostos caracterizam em uma estrutura simples, cristalina. Como exemplo, a estrutura atômica do SnO₂, um dos TCOs mais utilizados é caracterizado com cada átomo de estanho rodeado por seis átomos de oxigênio em um arranjo octaedro e cada átomo de oxigênio cercado por outros três átomos de estanho em uma configuração planar obtida por cálculos usando a teoria do funcional de densidade. O *bandgap* do SnO₂ é da ordem de 3,7 eV

A análise por densidade parcial de estados sugeriu que as transições entre bandas envolvam excitações de orbital 2p do oxigênio para o orbital s do estanho. A transparência e a condutividade do óxido de estanho foi explicado na década de 1970 devido as propriedades físicas do SnO₂ devido aos níveis doadores superficiais próximos a banda de condução com vacâncias de oxigênio com absorção no infravermelho caracterizando sua transparência. Sabendo que a condução elétrica do óxido de estanho esteja relacionada com a não estequiometria e com os defeitos intrínsecos relacionados à ausência de oxigênio, a condutividade do SnO₂ muda com

a pressão. As vacâncias de oxigênio formam níveis não condutores em isolantes como o óxido de silício em semicondutores. O óxido de estanho difere desses materiais frente a concentração de vacâncias em Sn.

A estrutura do SnO₂ foi muito estudada e descrita uma teoria para a coexistência da condutividade e transparência: estanho intersticial tem um papel mais relevante do que as vacâncias de oxigênio. A qual produzem um nível dentro do *bandgap* do inon de estanho (Sn_i) produzindo um nível doador dentro da banda de condução que leva ao aumento da condutividade. Entretanto, a presença do Sn_i pode reduzir a energia de formação das vacâncias de oxigênio, a qual define a deficiência de oxigênio. A não absorção dentro do gap é uma consequência de caráter especial da estrutura de bandas do SnO₂ que elimina transições ópticas na região do visível.

Além do óxido de estanho o óxido de índio tem propriedades interessantes do ponto de vista tecnológico como a alta transmissividade na visível do espectro eletromagnético e baixa resistividade elétrica.

O In₂O₃ de estrutura cristalina cúbica do tipo com 80 átomos, os quais encontram-se coordenados com 6 átomos de oxigênio, resultando em diferentes distâncias de In–O. Na estrutura de bandas para o óxido de índio é possível observar a condução do comportamento de elétrons livres. Assim, o mínimo da banda de condução do In₂O₃ tem a mesma natureza que do SnO₂.

Sabe-se também que materiais que apresentam alta condutividade elétrica são quase opacos para luz visível, devido ao seu alto coeficiente de absorção, e que materiais transparentes são normalmente isolantes ou semicondutores tendo com elétrons livres à temperatura ambiente.

Os TCOs apresentam propriedades por meio do gap de energia do óxido metálico e da presença de estados próximos a banda de condução que são gerados a partir de defeitos na superfície desses materiais considerando sua natureza, o número e arranjo atômico dos cátions metálicos, da morfologia e da presença de defeitos intrínsecos.

Em geral, estes óxidos nano estruturados são preparados sob ambiente controlado resultando em semicondutores com concentração de elétrons livres da ordem de 10²⁰ cm⁻³. No entanto, óxidos não dopados são instáveis quando empregados em altas temperaturas, dificultando sua aplicação como eletrodos transparentes.

REFERENCIAS

ABRAHAM, E. P.; CHAIN, E. **An enzyme from bacteria able to destroy penicillin [1]***Nature*, 1940.

AMORIM, C. A. et al. Measuring the mobility of single crystalline wires and its dependence on temperature and carrier density. **Journal of Physics Condensed Matter**, v. 23, n. 20, 2011.

AMORIM, C. A. et al. Weak localization and electron-electron scattering in fluorine-doped SnO₂ random nanobelt thin films. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, v. 75, n. 5, 2014.

AMORIM, C. A. et al. **Synthesis of Transparent Semiconducting Metal-oxides via Polymeric**

Precursor Route for Application in Thin-film Field-Effect Transistors. MRS Advances.
Anais...2016

AMORIM, C. A. et al. Effect of inhomogeneous Schottky barrier height of SnO₂ nanowires device.
Semiconductor Science and Technology, v. 33, n. 5, 2018.

BLANCO, K. C. et al. Cyclodextrin production by bacillus lehensis isolated from cassava starch:
Characterisation of a novel enzyme. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 32, n. 1, 2014.

BOHUNICKY, B.; MOUSA, S. A. **Biosensors: The new wave in cancer diagnosis** **Nanotechnology, Science and Applications**, 2011.

BREWSTER, M. E.; LOFTSSON, T. **Cyclodextrins as pharmaceutical solubilizers**, **Advanced Drug Delivery Reviews**, 2007.

CASH, K. J.; CLARK, H. A. Nanosensores e nanomateriais para monitoramento de glicose no diabetes. v. 16, n. 12, p. 584–593, 2011.

CHAN, L. L. et al. A label-free photonic crystal biosensor imaging method for detection of cancer cell cytotoxicity and proliferation. **Apoptosis**, 2007.

CID, C. C. P.; SPADA, E. R.; SARTORELLI, M. L. Effect of the cathodic polarization on structural and morphological proprieties of FTO and ITO thin films. **Applied Surface Science**, 2013.

CIOBANU, A.; LANDY, D.; FOURMENTIN, S. Complexation efficiency of cyclodextrins for volatile flavor compounds. **Food Research International**, 2013.

CONNORS, K. A. The Stability of Cyclodextrin Complexes in Solution. **Chemical reviews**, v. 97, n. 5, p. 1325–1358, ago. 1997.

HARADA, A. Cyclodextrin-based molecular machines. **Accounts of Chemical Research**, v. 34, p. 456–464, 2001.

IVNITSKI, D. et al. **Biosensors for detection of pathogenic bacteria** **Biosensors and Bioelectronics**, 1999.

JURADO, E. et al. Kinetic models of activity for β-galactosidases: Influence of pH, ionic concentration and temperature. **Enzyme and Microbial Technology**, 2004.

KARIGAR, C. S.; RAO, S. S. **Role of microbial enzymes in the bioremediation of pollutants: A review** **Enzyme Research**, 2011.

KIRK, O.; BORCHERT, T. V.; FUGLSANG, C. C. **Industrial enzyme applications** **Current Opinion in Biotechnology**, 2002.

LOFTSSON, T.; DUCH^{*}, D. Cyclodextrins and their pharmaceutical applications. v. 329, p. 1–11, 2007.

LOFTSSON, T.; HREINSDÓTTIR, D.; MÁSSON, M. Evaluation of cyclodextrin solubilization of drugs. **International Journal of Pharmaceutics**, 2005.

MACH, K. E.; WONG, P. K.; LIAO, J. C. **Biosensor diagnosis of urinary tract infections: A path to better treatment?** **Trends in Pharmacological Sciences**, 2011.

MEHROTRA, P. **Biosensors and their applications - A review** **Journal of Oral Biology and Craniofacial Research**, 2016.

- MINTEER, S. D.; LIAW, B. Y.; COONEY, M. J. **Enzyme-based biofuel cells***Current Opinion in Biotechnology*, 2007.
- MINUSSI, R. C.; PASTORE, G. M.; DURÁN, N. **Potential applications of laccase in the food industry***Trends in Food Science and Technology*, 2002.
- PENNINGA, D. et al. The raw starch binding domain of cyclodextrin glycosyltransferase from *Bacillus circulans* strain 251. **The Journal of biological chemistry**, v. 271, n. 51, p. 32777–84, dez. 1996.
- RADKE, S. M.; ALOCILJA, E. C. **A high density microelectrode array biosensor for detection of E. coli O157:H7**. *Biosensors and Bioelectronics*. **Anais...**2005
- RENGE, V. C.; KHEDKAR, S. V; NANDURKAR, N. R. Enzyme Synthesis by Fermentation Method : A Review. **V. C. RENGE, S. V. KHEDKAR and NIKITA R. NANDURKAR**, 2012.
- REYMOND, J. L.; FLUXÀ, V. S.; MAILLARD, N. **Enzyme assays***Chemical Communications*, 2009.
- ROGERS, J. K. et al. Synthetic biosensors for precise gene control and real-time monitoring of metabolites. **Nucleic Acids Research**, 2015.
- SALEK-MAGHSOUDI, A. et al. **Recent advances in biosensor technology in assessment of early diabetes biomarkers***Biosensors and Bioelectronics*, 2018.
- SEGEL, I. H. Enzyme Kinetics. In: **Encyclopedia of Biological Chemistry: Second Edition**. [s.l.: s.n.].
- SHULMAN, M. et al. Enhancement of naringenin bioavailability by complexation with hydroxypropyl- β -cyclodextrin. **PLoS ONE**, 2011.
- SMUTOK, O. et al. A novel L-lactate-selective biosensor based on flavocytochrome b 2 from methylotrophic yeast *Hansenula polymorpha*. **Biosensors and Bioelectronics**, 2005.
- STREHLITZ, B.; NIKOLAUS, N.; STOLTENBURG, R. **Protein detection with aptamer biosensors***Sensors*, 2008.
- TOUBANAKI, D. K. et al. Identification of single-nucleotide polymorphisms by the oligonucleotide ligation reaction: A DNA biosensor for simultaneous visual detection of both alleles. **Analytical Chemistry**, 2009.
- UEKAMA, K.; HIRAYAMA, F.; IRIE, T. *Cyclodextrin Drug Carrier Systems*. v. 2665, n. 81, 1998.
- UPDIKE, S. J.; HICKS, G. P. Reagentless substrate analysis with immobilized enzymes. **Science**, 1967.
- VAMVAKAKI, V.; CHANIOTAKIS, N. A. Pesticide detection with a liposome-based nano-biosensor. **Biosensors and Bioelectronics**, 2007.
- VAN DEN BRINK, J.; DE VRIES, R. P. **Fungal enzyme sets for plant polysaccharide degradation***Applied Microbiology and Biotechnology*, 2011.
- WALT, D. R.; AGAYN, V. I. **The chemistry of enzyme and protein immobilization with glutaraldehyde***TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 1994.

SOBRE OS ORGANIZADORES

TAYRONNE DE ALMEIDA RODRIGUES: Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, pela Faculdade de Juazeiro do Norte-FJN, desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, com ênfase na ética e educação ambiental. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. Membro efetivo do GRUNEC - Grupo de Valorização Negra do Cariri. E-mail: tayronnealmeid@gmail.com. com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>

JOÃO LEANDRO NETO: Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar, membro efetivo do GRUNEC. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: joaoleandro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>

DENNYURA OLIVEIRA GALVÃO: Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: dennyura@bol.com.br LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-330-9

