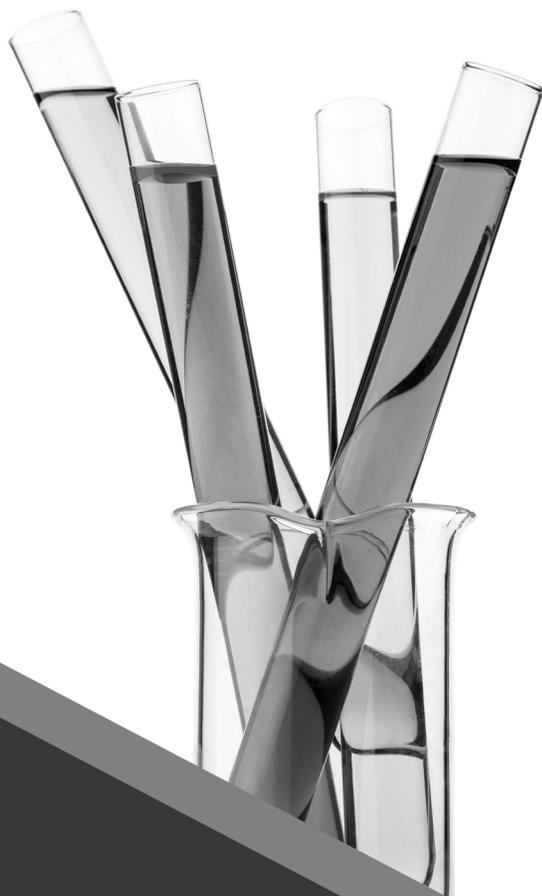




O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2020



O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)


Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

O conhecimento científico na química 2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 O conhecimento científico na química 2 / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-563-1

DOI 10.22533/at.ed.631202011

1. Química. 2. Conhecimento científico. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

O livro “O conhecimento científico na Química 2” apresenta artigos na área de ensino de química, tecnologia química, química verde, química ambiental e processos químicos.

O e-book contém 29 capítulos, que abordam temas sobre desenvolvimento e aplicação de jogos didáticos, aprendizagem significativa; análise de livros didáticos; história da química; reaproveitamento de resíduos agroindustriais; desenvolvimento de novos materiais de interesse ambiental; adsorventes sustentáveis; fotocatalise, tratamento de água e efluentes; síntese de líquidos iônicos; hidrólise enzimática e quantificação de enzimas; estudos de toxicidade; análise química de óleos essenciais; aplicação de extratos de frutos da região amazônica na atividade enzimática; desenvolvimento de eletrodo; desenvolvimento de compósitos a partir de resíduos; produção de fertilizantes de liberação controlada; tecnologias e técnicas para aplicação de plasma em química; síntese e aplicação de nanotubos de carbono.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico no Brasil e suas relações esta ciência. Nos tempos atuais é perceptível a importância da pesquisa acadêmica no Brasil para o desenvolvimento de novas tecnologias, fármacos e vacinas que auxiliem no combate às doenças e na qualidade de vida. Dessa forma, mais uma vez a Atena Editora reúne o conhecimento científico em forma de ebook, destacando os principais campos de atuação da química no país.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de química, tecnologia química, química ambiental e ensino de química.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “O conhecimento científico na Química 2”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A VIAGEM DA TEOBROMINA DO CACAU AO CHOCOLATE: UMA ABORDAGEM QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Jorge Hamilton Sena Dias

DOI 10.22533/at.ed.6312020111

CAPÍTULO 2..... 9

QUÍMICA AMBIENTAL, USO DE IMAGENS E DIALÓGICA DE PAULO FREIRE NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Priscila Ketlen Negreiros Sousa

Dorian Lesca de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6312020112

CAPÍTULO 3..... 17

ANÁLISE E ESTUDO DA APLICAÇÃO DO JOGO DIDÁTICO DE QUÍMICA INTITULADO “ UNO ELEMENTAR PERIÓDICO ” PARA O ENSINO MÉDIO DO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS PARANAÍ

Maiara dos S. Faria

Glaucio Testa

DOI 10.22533/at.ed.6312020113

CAPÍTULO 4..... 35

O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA NO LIVRO DIDÁTICO

Olívia Maria Bastos Costa

Gislene Santos Silva

Marcelo Alves Lima Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020114

CAPÍTULO 5..... 49

A HISTÓRIA DA QUÍMICA COMO ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA O APRENDIZADO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Ana Deuza da Silva Soares

Cliciane Magalhaes da Silva

Jamilla de Nazaré de Oliveira Almeida

Daniela Duarte de Sousa

Raimme Paola do Nascimento Pinto

Carlos Arthur Araújo Assunção

DOI 10.22533/at.ed.6312020115

CAPÍTULO 6..... 60

APLICAÇÃO DE JOGO DIDÁTICO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA ORGÂNICA

Herbert Gonzaga Sousa

Patrícia e Silva Alves

Aline Aparecida Carvalho França

Maciel Lima Barbosa

Gilmânia Francisca Sousa Carvalho
Renata da Silva Carneiro
Dihêgo Henrique Lima Damacena
Beneilde Cabral Moraes
Valdiléia Teixeira Uchôa
Katiane Cruz Magalhães Xavier
Rita de Cássia Pereira Santos Carvalho
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020116

CAPÍTULO 7..... 72

**O SÉCULO XX E UMA NOVA DIMENSÃO DAS ATIVIDADES CIENTÍFICAS NO BRASIL
POUCO INSERIDAS NOS CONTEXTO DIDÁTICO DOS LIVROS**

Alcione de Nazaré Dias Silva
Débora da Cruz Arruda

DOI 10.22533/at.ed.6312020117

CAPÍTULO 8..... 80

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA PARA PRODUÇÃO DE
NOVOS MATERIAIS: O CONHECIMENTO QUÍMICO À SERVIÇO DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

Igor Andrade Rodrigues
Adilson de Santana Santos
Vanessa da Silva Reis
Márcio Souza Santos
Alexilda Oliveira de Souza
Marluce Oliveira da Guarda Souza

DOI 10.22533/at.ed.6312020118

CAPÍTULO 9..... 94

**ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO E ATIVIDADE
FOTOCATALÍTICA DE α -Ag₂WO₄ PARA O CORANTE RODAMINA B**

Francisco das Chagas Marques da Silva
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020119

CAPÍTULO 10..... 105

**DEGRADAÇÃO DA TETRACICLINA EM MEIO AQUOSO EMPREGANDO PROCESSOS
OXIDATIVOS AVANÇADOS E AVALIAÇÃO DO EFEITO DE INIBIÇÃO SOBRE *Escherichia
coli***

Ismael Laurindo Costa Junior
Marcia Antônia Bartolomeu Agustini
Felipe Augusto Barbieri
Leticia Maria Efftig
Cesar Augusto Kappes
Kevin Augusto Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.63120201110

CAPÍTULO 11..... 126

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO

Lucas Fernandes Domingues

Greice Queli Nardes Cruz

Idel Perpetua de Castro

Isadora Aparecida Archioli

Lorena Cristina Lopes

DOI 10.22533/at.ed.63120201111

CAPÍTULO 12..... 135

PREPARAÇÃO DE NOVOS LÍQUIDOS IÔNICOS ALCANOSULFONATOS DE INTERESSE AMBIENTAL

Michelle Budke Costa

Giselle Back

Melissa Budke Rodrigues

Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

Fernando Reinoldo Scremin

DOI 10.22533/at.ed.63120201112

CAPÍTULO 13..... 146

AMIDO DE BATATA DOCE HIDROLISADO COM ENZIMAS DO MALTE DE CEVADA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Renata Nascimento Caetano

Felipe Staciaki da Luz

Adrielle Ferreira Bueno

Cinthy Beatriz Fürstenberger

Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.63120201113

CAPÍTULO 14..... 158

EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE LIPASE DE GRÃOS DE SOJA

Isabela Cristina Damasceno

Marcela Guariento Vasconcelos

Lívia Piccolo Ramos Rossi

DOI 10.22533/at.ed.63120201114

CAPÍTULO 15..... 172

DETERMINAÇÃO DA CITOTOXIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Origanum vulgare*

Daiane Einhardt Blank

Gabriela Hörnke Alves

Rogério Antonio Freitag

Silvia de Oliveira Hübner

Marlete Brum Cleff

DOI 10.22533/at.ed.63120201115

CAPÍTULO 16.....	180
AVALIAÇÃO SAZONAL DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INIBIÇÃO DE ACETILCOLINESTERASE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALOYSIA GRATISSIMA	
Adílio Macedo Santos Adonias de Oliveira Teixeira Vilisaimon da Silva de Jesus Luan Souza Santos Moacy Selis Santos Clayton Queiroz Alves Djalma Menezes de Oliveira Rosane Moura Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.63120201116	
CAPÍTULO 17.....	192
OBTENÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES MEDICINAIS UTILIZADAS NA REGIÃO DE MARABÁ	
Aristides Anderson Pereira Reis Sebastião da Cruz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.63120201117	
CAPÍTULO 18.....	198
INFLUÊNCIA DOS EXTRATOS BRUTOS DE AÇÁI E PITANGA SOBRE A ATIVIDADE DE GLUTATIONA S-TRANSFERASE ESPECÍFICA CEREBRAL DE RATO	
Tais da Silva Rosa Felipe Boz Santos Cristiane Martins Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.63120201118	
CAPÍTULO 19.....	203
SELETIVIDADE E SENSIBILIDADE EM ELETRODOS COMPÓSITOS MODIFICADOS USANDO POLÍMEROS COM IMPRESSÃO MOLECULAR: O CASO DO DICLOFENACO	
Priscila Cervini Abigail Vasconcelos Pereira Éder Tadeu Gomes Cavalheiro	
DOI 10.22533/at.ed.63120201119	
CAPÍTULO 20.....	216
PRODUÇÃO DE COMPÓSITO TRICOMPONENTE A PARTIR DA CASCA DE AMENDOIM E RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Giovanna Coelho Bosso	
DOI 10.22533/at.ed.63120201120	
CAPÍTULO 21.....	231
CELULOSE NANOFRIBRILADA FUNCIONALIZADA COM GRUPOS DICIANOVINIL: REDUÇÃO ELETROQUÍMICA DE CO₂	
Robson Valentim Pereira Thais Eugênio Gallina Aparecido Junior de Menezes	

Kênia da Silva Freitas

DOI 10.22533/at.ed.63120201121

CAPÍTULO 22.....242

DETERMINAÇÃO BIOQUÍMICA, FÍSICO-QUÍMICA E MINERAL DE POLPA E CASCA DO FRUTO DE *Endopleura uchi*

Charline Soares dos Santos Rolim

Leonardo do Nascimento Rolim

Régis Tribuzy de Oliveira

Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

Maria das Graças Gomes Saraiva

Roseane Pinto Martins de Oliveira

Cláudia Cândida Silva

Carlos Victor Lamarão

DOI 10.22533/at.ed.63120201122

CAPÍTULO 23.....253

DESENVOLVIMENTO DE FERTILIZANTE ALTERNATIVO CONSTITUÍDO DE MICROPARTÍCULAS POLIMÉRICAS CARREADORAS DE NPK

Júnior Olair Chagas

Gilmare Antônia da Silva

Fabiana Aparecida Lobo

DOI 10.22533/at.ed.63120201123

CAPÍTULO 24.....265

SÍNTESE DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO CONTENDO COBRE(II) COM LIGANTES DICARBOXILATOS: ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES VAPOCRÔMICAS

Eduardo Dias Albino

Bruno Ribeiro Santos

Alessandra Stevanato

DOI 10.22533/at.ed.63120201124

CAPÍTULO 25.....282

NÍVEIS DE COBRE EM AMOSTRAS AMBIENTAIS DA REGIÃO CACAUEIRA NO SUL DA BAHIA POR USO DA MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA

Mayara Costa dos Santos

Ívero Pita de Sá

Marina Santos de Jesus

Julia Carneiro Romero

Fábio Alan Carqueija Amorim

DOI 10.22533/at.ed.63120201125

CAPÍTULO 26.....292

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES A PARTIR DE ESCÓRIA DE ACIARIA

Josielle Vieira Fontes

Liliane Nogueira Silva

José Augusto Martins Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.63120201126

CAPÍTULO 27.....301

LINEARIZAÇÃO DA CURVA DE ESFRIAMENTO DA GLICERINA

Vinicius Canal de Carvalho

Roberto Vargas de Oliveira

Abiney Lemos Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.63120201127

CAPÍTULO 28.....306

O PLASMA E SUAS CARACTERÍSTICAS

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

DOI 10.22533/at.ed.63120201128

CAPÍTULO 29.....319

NANOTUBOS DE CARBONO – UMA VISÃO GERAL

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

DOI 10.22533/at.ed.63120201129

SOBRE A ORGANIZADORA.....333

ÍNDICE REMISSIVO.....334

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 16/10/2020

Leila Cottet

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC - Departamento de Química.
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7434501249236233>

Luís Otávio de Brito Benetoli

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC - Departamento de Química.
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0122388956231008>

Nito Angelo Debacher

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC - Departamento de Química.
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/6587836674089838>

RESUMO: Este capítulo apresenta uma revisão a respeito dos nanotubos de carbono. São descritas suas propriedades, estruturas e funcionalizações. Após são apresentados métodos de obtenção e crescimento. Por fim, métodos de produção são descritos e comparados, considerando fatores como temperatura e pressão, vantagens e desvantagens de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotubos de carbono, métodos de crescimento, métodos de produção.

CARBON NANOTUBES – AN OVERVIEW

ABSTRACT: This chapter presents a review of carbon nanotubes properties, structures, and functionalization. The production and growing methods have also reported, considering the advantages and disadvantages of each application.

KEYWORDS: Carbon nanotubes, growth methods, production methods.

1 | INTRODUÇÃO

A ciência atual tem como foco questões como a água, desenvolvimento de novos materiais, aproveitamento de resíduos urbanos, fontes alternativas de energia e o meio ambiente. O desenvolvimento sustentável e a conservação ambiental, aplicados a projetos científicos-tecnológicos, se tornaram temas de interesse mundial nos últimos anos.

A nanotecnologia alia estes conceitos, sobretudo as questões relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos e as potencialidades de aplicação. Os nanotubos de carbono, por exemplo, permitem propor novas soluções para diferentes e importantes setores de produção, como o energético, o automobilístico, o esportivo, o farmacológico e o têxtil, entre outros (RASHEED, et al, 2020), (QIAN, ZHANG, ZHANG, 2020), (KIRAN, et al, 2020), (FIYADH, et al, 2019), (HAN, et al, 2019).

Neste trabalho uma breve descrição é feita a respeito de nanotubos de carbono, suas estruturas, propriedades e possíveis funcionalizações. Aspectos a respeito dos crescimentos das estruturas e métodos de produção também são abordados. Por fim, são apresentados comparativos a respeito das técnicas de produção de nanotubos de carbono.

2 | ESTRUTURA, PROPRIEDADES E FUNCIONALIZAÇÃO DOS NANOTUBOS DE CARBONO

Os nanotubos de carbono (CNT) foram descobertos em 1991 por Sumio Iijima, e são materiais com características extraordinárias em relação às suas propriedades mecânicas, elétricas e térmicas (YING, et al, 2011). Os CNTs são constituídos basicamente por uma folha de grafeno enrolada na forma de um cilindro de escala nanométrica com cavidade interna oca, definidos como nanotubos de parede simples (SWCNTs– *single-walled carbon*), cujas paredes são formadas por átomos de carbono ligados entre si em arranjos hexagonais (ZARBIN, 2007), (YING, et al, 2011). Uma folha de grafeno consiste em um arranjo bidimensional formado por hexágonos de carbono (sp^2), cujo empilhamento resulta na estrutura do grafite (ZARBIN, 2013).

Os nanotubos de paredes múltiplas (MWCNTs – *multi-walled carbon nanotubes*) são constituídos por várias camadas concêntricas de nanotubos de carbono de parede simples, e, assim, os SWCNTs são muito mais finos que os MWCNTs. A figura 1 mostra exemplos da estrutura de SWCNTs e de MWCNTs (DRESSELHAUS, 2005), (ZARBIN, 2007), (YING, et al, 2011).

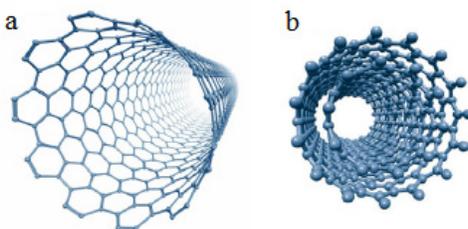


Figura 1. Representação esquemática da estrutura de nanotubos de carbono: (a) parede simples (SWCNTs); (b) parede dupla (MWCNTs). Imagem adaptada de: (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013).

Em SWCNTs, a maneira como a folha de grafeno se enrola, de acordo com o sistema de coordenadas, pode apresentar três diferentes estruturas quirais: *armchair*, *zig zag* ou *chiral*, conforme figura 2 (JÓRIO, et al, 2011).

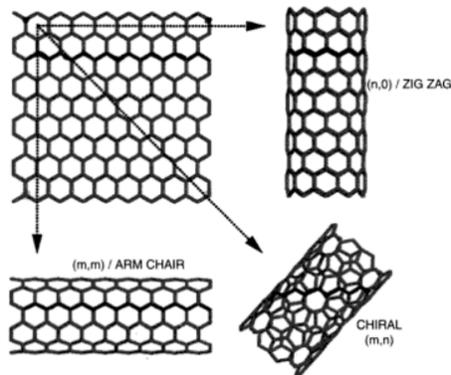


Figura 2. Modelo de conformação de CNTs a partir de uma folha de grafeno (DORF, 2006).

A estrutura de CNTs é determinada unicamente pelo vetor *chiral* (*ch*) que abrange a circunferência do cilindro e mostra a posição relativa do grafeno na rede hexagonal (JÓRIO, et al, 2011). O vetor *chiral* pode ser escrito na forma:

$$ch = na_1 + ma_2$$

Onde *n* e *m* são valores inteiros e a_1 e a_2 são vetores delimitados às células unitárias do grafeno (JÓRIO, et al, 2011). Se $n=m$ temos o chamado *armchair*, se $m=0$ *zig zag* e se $n \neq m \neq 0$ temos o *chiral*.

A figura 2 mostra os modelos de conformação dos CNTs que são chamados de quiralidade e têm influência direta em suas propriedades eletrônicas, pois a maneira como a camada de grafite foi enrolada influencia diretamente na posição das bandas de valência e condução das nanoestruturas (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013). Os SWCNTs do tipo *armchair* são metálicos e os *zig zag* podem ser metálicos ou semicondutores. Os MWCNTs sempre apresentam condutividade metálica (DORF, 2006), (STONER, GLASS, 2014).

Os CNTs também apresentam propriedades óticas únicas que são dependentes da quiralidade e do diâmetro dos nanotubos. Outra característica destes compostos é a condutividade térmica que é uma das mais altas conhecidas, excedendo bastante a observada para o diamante (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013), (STONER, GLASS, 2014).

A resistência e flexibilidade da ligação entre carbonos com hibridização sp^2 (Csp^2-Csp^2) é a mais forte existente na natureza, o que proporciona uma resistência elevada. Mesmo quando os CNTs apresentam defeitos, ainda se espera que sua resistência seja dez vezes superior às fibras de carbono (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013). A flexibilidade dos CNTs raramente é encontrada em qualquer material: eles podem ser dobrados, tensionados e flexionados sem que haja destruição de sua estrutura, podendo depois retornar à sua forma original (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013).

Os CNTs e estruturas de carbono em geral são naturalmente hidrofóbicos e normalmente são misturados com agentes tensoativos ou quimicamente tratados para apresentarem características hidrofílicas (NAQVI, et al, 2020), (COTTET, et al, 2014) (PASIEKA, COULOMBE, SERVIO, 2013).

Avanços em tratamentos superficiais por plasma têm conseguido funcionalizar o CNT por meio de adição de grupamentos oxigenados (carbonila, carboxila, hidroxila) ligados covalentemente à superfície, o que pode dar caráter hidrofílico estável a esses compostos (VANDSBURGER, et al, 2009), (HORDY, COULOMBE, MEUNIER, 2013), (NAQVI, et al, 2020).

A estrutura dos CNTs nem sempre é perfeita, normalmente podendo ocorrer problemas durante a formação que deixam as ligações incompletas, ou seja, as extremidades podem ficar abertas ou com defeitos (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013). Alguns defeitos comuns presentes na estrutura são a presença de heteroátomos, pentágonos, heptágonos e átomos de carbono com hibridização sp^3 , além de possíveis grupos funcionais inseridos. Esses defeitos na estrutura acabam se tornando pontos de reatividade e podem levar a uma série de possíveis modificações químicas, favorecendo a inserção de novas funcionalidades ao material (ZARBIN, OLIVEIRA, 2013), (VERMA, BALOMAJUMDER, 2020).

Abaixo são comentados alguns trabalhos sobre a funcionalização de CNTs:

Pasieka e colaboradores realizaram um estudo para investigar as diferentes taxas de crescimento de hidratos de CH_4 na presença de MWCNTs (hidrofóbicos) sem funcionalização e MWCNTs (hidrofílicos) funcionalizados por plasma em diferentes concentrações. A adição de MWCNTs funcionalizados para apresentar características hidrofílicas se mostrou eficiente e melhorou o processo de produção industrial (PASIEKA, COULOMBE, SERVIO, 2013).

Mishra e Islam realizaram um estudo sistemático para entender as funcionalizações ou degradações que ocorrem na superfície de MWCNTs tratados por plasma de oxigênio e para explicar porque o material final pode apresentar características hidrofílicas. Diversas análises químicas foram realizadas para estudar a morfologia e a energia superficial dos MWCNTs. Os resultados mostraram que, com o aumento do tempo de tratamento por plasma, a inserção de grupamentos com oxigênio na superfície aumenta e o material tende a ficar mais hidrofílico. Também aumenta o número de defeitos na superfície e ocorrem modificações nas propriedades estruturais, porém sem danificar a integridade dos MWCNTs (MISHRA, ISLAM, 2013).

Djokic e colaboradores trataram MWCNTs utilizando fotocatalisadores de alto desempenho a partir da hidrólise de TiO_2 com o objetivo de funcionalizar a superfície dos MWCNTs com grupos TiO_2 e oxigênio, em diferentes concentrações. Depois testaram os MWCNTs modificados em reações de fotodegradação do corante têxtil Orange 16. Os resultados mostraram que o material modificado intensificou a fotodegradação em relação ao material inicial, isso pode ter ocorrido devido às propriedades de transferências de elétrons mais efetivas com os oxigênios inseridos na superfície (DJOKIC, et al, 2014).

Assim, para a produção de CNTs com características distintas ou com funcionalizações em sua superfície são necessários estudos sobre métodos de obtenção, mecanismos de crescimento ou reestruturação, assim como o uso de diferentes catalisadores ou tratamentos superficiais.

31 MÉTODOS DE OBTENÇÃO E CRESCIMENTO DOS NANOTUBOS DE CARBONO

Os métodos de produção de CNTs, assim como os estudos relacionados às diferentes formas de obtenção e crescimento dos mesmos são assuntos de grande interesse da comunidade científica, pois apesar da nanotecnologia já ser utilizada a mais de uma década, ainda não existem métodos determinados para produzir materiais com características específicas, como tamanho, quiralidade, pureza, diâmetro, entre outros (HOFMANN, et al, 2007), (LIN, LIN, 2013). É fundamental compreender os mecanismos de obtenção e crescimento de CNTs para que estes parâmetros sejam determinados (HOFMANN, et al, 2007).

Métodos tradicionais de obtenção de CNTs normalmente utilizam catalisadores metálicos, os principais são o ferro, níquel e cobalto, mas outros metais de transição podem ser aplicados (LIN, LIN, 2013). Normalmente, o metal catalisador é depositado sobre um suporte ou substrato ou pode ser inserido no meio reacional na forma de vapor (ZHANG, 2004). O uso de um catalisador específico possibilita um maior controle do processo de crescimento das amostras (NIYOGI, 2002).

A primeira parte do processo de nucleação catalítica é a supersaturação do metal com nanopartículas de carbono. A partir deste contato é formada uma rede cilíndrica grafitica com comprimento na ordem de micrômetros e diâmetro na ordem de nanômetros, ou seja, os CNTs crescem a partir da superfície dos catalisadores (NIYOGI, 2002). Em SWCNTs, o diâmetro e quiralidade dos tubos são definidos pelo tipo de catalisador, já em MWCNTs estes fatores dependem do tipo de catalisador, do número de paredes e do empilhamento de camadas de grafeno (HOFMANN, et al, 2007). Outros fatores podem interferir diretamente no tamanho dos CNTs, tais como a pressão do gás, temperatura dentro do reator e fluxo de gás, entre outros (ZHANG, 2004).

Alguns modelos de nucleação catalítica são bem aceitos no meio científico, um deles sugere que o crescimento do CNT é alimentado exclusivamente através da interface das partículas do catalisador e que o CNT cresce tangencialmente ao *cluster* do catalisador (HOFMANN, et al, 2007), (STONER, BROWN, GLASS, 2014). A partir da nucleação catalítica o processo global de crescimento depende do arranjo do catalisador e do crescimento dos CNT a partir de cada partícula (HOFMANN, et al, 2007).

A figura 3 mostra imagens de microscopias TEM com resultados experimentais do crescimento de CNTs a partir de um catalisador e um esquema que ilustra os dados experimentais.

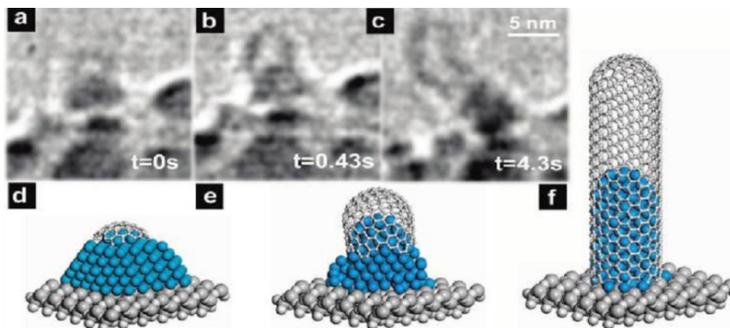


Figura 3. Sequência de imagens de TEM de crescimento de CNT a partir de nucleação catalítica. (a-c) Tempo indicado e respectivas fotos de formação; (d-f) modelo esquemático do crescimento de SWCNT em relação ao tempo de formação. (Método de produção por CVD, registrado em $8 \cdot 10^{-3}$ mbar, catalisador níquel e com C_2H_2 a $615^\circ C$). Figura de: (HOFFMAN, et al, 2007).

Na figura 3 (a-c) é possível observar as microscopias TEM in-situ mostrando a formação de um CNT a partir da superfície do catalisador com o passar do tempo. Na figura 3 (d-f), um modelo esquemático mostra que inicialmente ocorre uma nucleação de carbono na superfície do catalisador, depois começa a ocorrer uma supersaturação de partículas de carbono até o limite onde a estrutura começa a crescer tangencialmente ao catalisador, formando um tubo (HOFMANN, et al, 2007).

Na figura 4, imagens de microscopias TEM mostram os resultados de um experimento com o passar do tempo e o comportamento do catalisador durante a obtenção e crescimento de um CNT.

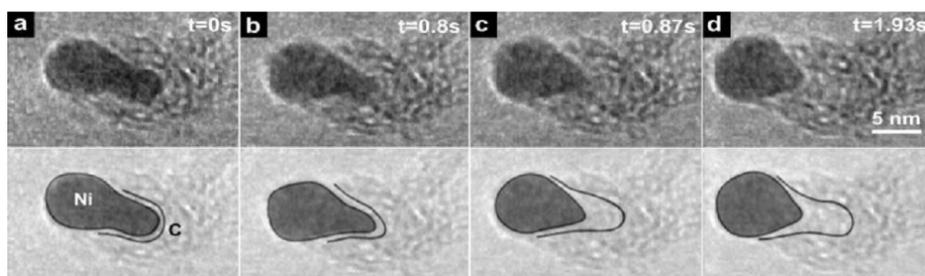


Figura 4. Sequência de imagens de microscopias TEM mostrando o comportamento do catalisador durante o crescimento do CNT. (Camadas cultivadas in situ a $700^\circ C$, com degradação de C_2H_2 por plasma CVD, catalisador níquel). Figura de: (HOFMANN, et al, 2007).

As imagens da figura 6 mostram que inicialmente a partícula do catalisador se alonga, até que se contrai novamente na forma redonda. Essa sequência se repete, camadas de CNT são formadas e o catalisador forma uma ponta de onde a estrutura do CNT cresce. Ou seja, os SWCNTs são formados a partir da superfície do catalisador, por isso têm pequenos diâmetros de largura que são coerentes com o tamanho da partícula de catalisador (RUMMELI, et al, 2007), (HOFMANN, et al, 2007).

A figura 5 mostra outro tipo de formação de CNTs onde as camadas de carbono se empilham a partir da superfície das partículas do catalisador.

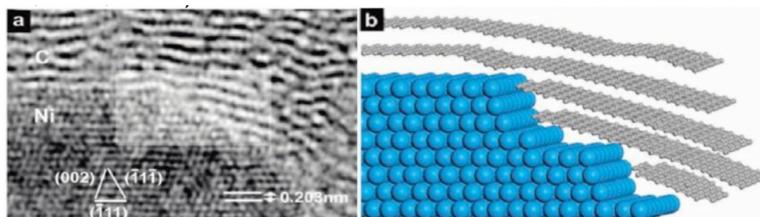


Figura 5. Imagem de TEM mostrando a interface do catalisador de níquel com o carbono. (a) Imagem de TEM mostrando os planos de carbono sendo formados a partir do catalisador; (b) modelo esquemático dos planos de carbono (Camadas in situ a 700 °C, com degradação de C_2H_2 por plasma CVD). Figura de: (HOFMANN, et al, 2007).

A figura 5 mostra um modelo onde a estrutura do catalisador pode orientar monocamadas de carbono fazendo com que elas fiquem sobrepostas. O crescimento de camadas de carbono ordenadas ocorre por difusão de átomos de carbono, mesmo que elas estejam longe do catalisador. Este processo de formação pode levar a estruturas como *nanohorns*, que são CNTs com pontas fechadas ou mesmo aos MWCNTs.

Outra estrutura que pode ser formada a partir do alinhamento de camadas de carbono são os SWCNTs do tipo bambu (LIU, et al, 2014), (CHEN, et al, 2013), (HOFMANN, et al, 2007).

Na figura 6 temos um exemplo de imagem de SWCNT do tipo bambu.

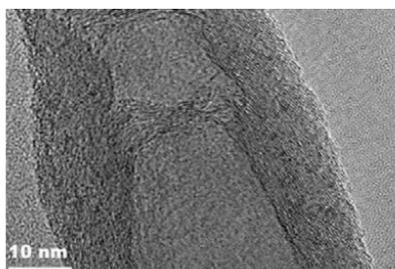


Figura 6. Imagem de TEM mostrando CNT do tipo bambu e sua seção interna. Figura de: (LIN, LIN, 2013).

Durante a formação de um SWCNT do tipo bambu a partícula do catalisador é alongada e seguida de uma contração abrupta, o que deixa para trás uma camada de carbono com conformação definida, criando assim seções dentro do tubo, como se fossem compartimentos (LIU, et al, 2014), (CHEN, et al, 2013), (HOFMANN, et al, 2007). Normalmente estes compartimentos têm uma distância regular entre eles, que está ligada ao tipo de catalisador utilizado (LIU, et al, 2014), (CHEN, et al, 2013), (HOFMANN, et al, 2007). O ponto onde ocorre a contração pode ser atribuído ao ponto onde o aumento da energia da superfície do catalisador não pode mais ser compensado pela estabilidade de energia da ligação na estrutura de grafite (HOFMANN, et al, 2007).

Essas contrações do catalisador e a formação de seções também podem ocorrer em MWCNT e podem ser uma das causas responsáveis pelo encapsulamento de nanopartículas de catalisador nas estruturas carbonosas (HOFMANN, et al, 2007).

Na figura 7 podem ser observadas microscopias TEM de CNT com catalisadores em sua estrutura.

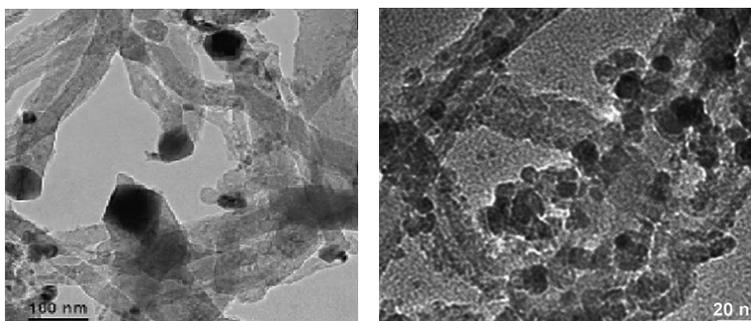


Figura 7. Imagem de TEM mostrando nanopartículas de catalisadores encrustados na estrutura dos CNTs. Figuras de: (AHMED, et al, 2009), (DJOKIC, et al, 2014).

A incorporação destas nanopartículas metálicas nas estruturas carbonosas é um problema encontrado em vários processos de produção, o que torna o produto impuro, inviabilizando o uso em aplicações específicas ou encarecendo o processo de produção ao considerar a necessidade de etapas posteriores de purificação (HOFMANN, et al, 2007), (LEE, et al, 2013), (ZHONG, et al, 2014). Outra consequência da contração do catalisador pode ser a ramificação do CNT em um sentido diferente do crescimento normal, formando CNTs com ramificações (HOFMANN, et al, 2007).

Quanto à formação de estruturas desordenadas ou com defeitos, os fatores responsáveis podem ser uma taxa muito rápida de chegada de partículas de carbono ou um meio reacional não favorável em relação à temperatura ou a outros fatores experimentais (HOFMANN, et al, 2007).

Existem formas alternativas para a obtenção e crescimento de CNT sem o uso de catalisadores. Alguns deles são os métodos que utilizam pontos quânticos, a produção em meio líquido a partir da degradação do carbono dos eletrodos, por irradiação de calor e a partir da formação de agregados, entre outros (LIU, et al, 2014), (LEE, et al, 2013), (ZHONG, et al, 2014), (ISHIGAMI, et al, 2000), (JIN, 2008).

No trabalho de Liu e colaboradores foi realizada a produção de CNTs sobre uma superfície com pontos quânticos de grafeno e a decomposição de acetileno por CVD. Os nanotubos apresentaram diâmetro entre 10 nm e 30 nm. O objetivo do trabalho foi obter os CNTs a partir de um mecanismo de crescimento contínuo e diferente dos métodos tradicionais, sem a utilização de catalisadores. Os resultados de Raman indicaram CNTs com baixa cristalinidade, assim o método precisa ser otimizado (LIU, et al, 2014).

Endo e Krotto propuseram um método de obtenção onde o crescimento dos CNTs ocorre sem catalisador, a partir de dímeros de carbono que podem ser incorporados à estrutura do CNT. Fullerenos também podem ser formados por método similar a partir de uma fase de vapor (ENDO, KROTO, 1992).

Diversos métodos de obtenção e crescimento vêm sendo pesquisados, porém a produção em larga escala, a necessidade de etapas de purificação e os custos de produção ainda são um problema. Alguns métodos de produção têm sido mais utilizados industrialmente e serão mostrados abaixo.

4 | MÉTODOS DE PRODUÇÃO DOS NANOTUBOS DE CARBONO

Nanoestruturas de carbono, como os CNTs, têm sido amplamente estudadas devido ao potencial de aplicação em materiais que agregam propriedades como resistência mecânica, condutividade térmica e condutividade elétrica em estruturas nanométricas (HERRERA-HERRERA, et al, 2012), (YING, et al, 2011). As aplicações são variadas, como por exemplo: sensores químicos, células a combustível, transistores de efeito de campo, interconectores elétricos, reforçadores mecânicos e biosensores, entre inúmeras outras (SIRIVIRIYANUN, IMAE, NAGATANI, 2013), (HERRERA-HERRERA, et al, 2012), (WANG, et al, 2020), (RASHEED, et al, 2020), (QIAN, ZHANG, ZHANG, 2020).

No entanto, para que tais aplicações possam ser utilizadas industrialmente são necessários métodos de produção que utilizem uma tecnologia de baixo custo e que possibilitem não só a produção em larga escala, mas a produção de CNTs puros em relação aos reagentes utilizados para a sua produção e com alta proporção de formação (HERRERA-HERRERA, et al, 2012).

Processos para a produção de CNTs normalmente utilizam técnicas de plasma, como método de descarga em arco, ablação por laser e deposição química a vapor (YING, et al, 2011), (KATSUDE, FUKUDA, MAEKAWAA, 2013). A tabela 1 apresenta detalhes sobre os principais métodos utilizados para a produção de CNTs por plasma.

Métodos	Descarga em arco	Ablação a laser	Deposição química a vapor
Descrição	Evaporação de grafite na presença de um gás inerte, CNTs formados nos eletrodos durante o tratamento.	Vaporização do grafite por laser, CNTs formados em um substrato.	Decomposição de hidrocarbonetos e utilização de catalisadores metálicos.
Temperatura	> 3000 °C	> 3000 °C	> 1200 °C
Pressão	50-7000 Torr geralmente sobre vácuo	200-750 Torr geralmente sobre vácuo	760-7600 Torr
Vantagens	Boa qualidade	Boa qualidade e formação de SWCNTs	Facilidade de produção industrial
Desvantagens	Dificuldade de produção em escala industrial, alto custo.	Dificuldade de produção em escala industrial, alto custo.	CNT de alta pureza em relação às outras técnicas, porém com maiores defeitos estruturais.

Tabela 1. Detalhes da produção de CNTs por métodos de plasma térmico.

Quadro adaptado de: (SEE, HARRIS, 2007), porém com dados atualizados baseados em (YING, et al, 2011).

Estas técnicas apresentam vantagens e desvantagens em relação à produção industrial. As desvantagens estão relacionadas a problemas como custos operacionais, dificuldade de produção em escala industrial e produção de CNTs com defeitos estruturais ou com a presença de metais catalisadores em sua estrutura, com a necessidade de tratamento posterior para purificação, o que aumenta o custo de produção (YING, et al, 2011).

Atualmente, a deposição química a vapor (do inglês: carbon vapor deposition, CVD) é a técnica mais utilizada industrialmente, porém apresenta alguns problemas em relação aos custos operacionais e a pureza dos CNTs produzidos. A seguir são descritos exemplos de trabalhos encontrados na literatura.

Lee e colaboradores utilizaram plasma por CVD com baixa temperatura e gás CH_4 e H_2 para fabricar CNTs. Uma camada do catalisador, no caso o níquel, foi depositada sobre um substrato de silício e de titânio revestido. As características estruturais de superfície foram estudadas em diferentes pressões de trabalho. Os resultados mostraram que foram produzidos CNTs de diâmetro médio entre 40 e 60 nm e de comprimento médio de 1 μm , e que a variação da pressão interfere na hidrofobicidade dos CNTs. Partículas de níquel estão presentes no produto final (LEE, et al, 2013).

Zhong e colaboradores demonstraram o crescimento direto e alinhado de CNTs por CVD. O catalisador utilizado foi desenvolvido com a pulverização de partículas de Fe/Ti/Fe em um substrato de Ti/SiO_2 . Uma subcamada de ferro como catalisador adicional desempenhou o papel de alinhar os CNTs. Análises de espectroscopia de massas

mostraram que a subcamada de ferro volta à superfície do substrato, minimizando a espessura da camada de catalisador na superfície dos CNTs e possibilitando que eles se alinhem (ZHONG, et al, 2014).

A partir do exposto pode se perceber que ainda há muito a ser melhorado em relação à produção de CNTs, principalmente em relação à adição de partículas metálicas como catalisadores e sua posterior separação. O custo operacional em larga escala também se torna um problema.

Assim, novas técnicas de produção têm interesse científico e tecnológico implícito, especialmente ao produzirem CNTs puros em relação a catalisadores e com características diferenciadas, como por exemplo, características hidrofílicas ou com funcionalizações (WANG, et al, 2020), (NAQVI, et al, 2020). Essas modificações possibilitariam novas aplicações científicas, tecnológicas, comerciais e industriais.

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma descrição básica a respeito de nanotubos de carbono, suas estruturas e propriedades. O texto também mostra exemplos de funcionalizações destas estruturas. Aspectos a respeito do crescimento destas estruturas e sobre os principais métodos de produção também foram abordados. Por fim, um comparativo a respeito das técnicas de produção de nanotubos de carbono mostra as vantagens e desvantagens da utilização de cada técnica. Ampla bibliografia foi adicionada para dar base aos temas apresentados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Capes e do CNPq. Gostaríamos também de agradecer ao Departamento de pós graduação em Química da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

REFERÊNCIAS

AHMED, S.; AITANI, A.; RAHMAN, F.; AL-DAWOOD, ALI.; AL-MUHAISH, F. Decomposition of hydrocarbons to hydrogen and carbon. **Applied Catalysis A: General**, v.359, p.1-24, 2009.

CHEN, G.; NEUPANE, S.; LI, W.; CHEN, L.; ZHANG, J. An increase in the field emission from vertically aligned multiwalled carbon nanotubes caused by NH₃ plasma treatment. **Carbon**, v.52, p.468-475, 2013.

COTTET, L.; BALDISSARELLI, V. Z.; BENETOLI, L. O. de B.; DEBACHER, N. A. Produção de hidrogênio e negro de carbono a partir da degradação de metano por plasma térmico. **Semina – Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.35, p.103-109, 2014.

DJOKIC, V.R.; MARINKOVIC, A.D.; ERSEN, O.; USKOKOVIC, P.S.; PETROVIC, R.D.; RADMILOVIC, V.R.; JANACKOVIC, D.T. The dependence of the photocatalytic activity of TiO₂/carbon nanotubes nanocomposites on the modification of the carbon nanotubes. **Ceramics International**, v.40. p.4009-4018, 2014.

DORF, R.C. Sensors, Nanoscience, Biomedical Engineerin, and Instruments: Sensors Nanoscience Biomedical Engineering. New Yourk: CRC Press, 2006. 392 p.

DRESSELHAUS, M.S.E.A. Raman Spectroscopy of Carbon Nanotubes. **Physics Reports**, v.409, p. 47-99, 2005.

ENDO, M.; KROTO, H.W. Formation of Carbon Nanofibers. **Journal of Physics and Chemistry**. v.96, p.6941-6944, 1992.

FIYADH, S.S.; ALSAADI, M.A.; JAAFAR, W.Z.; ALOMAR, M.K. Review on heavy metal adsorption processes by carbon nanotubes. **Journal of Cleaner Production**, v.230, p.783-793, 2019.

HAN, T.; NAG, A.; MUKHOPADHYAY, S.C.; XU, Y. Carbon nanotubes and its gas-sensing applications: A review. **Sensors and actuators A: Physical**, v.291, p.107-143, 2019.

HERRERA-HERRERA, A.V.; GONZÁLEZ-CURBELO, M.Á.; HERNÁNDEZ-BORGES, J.; RODRÍGUEZ-DELGADO, M.Á. Carbon nanotubes applications in separation science: A review. **Analytica Chimica Acta**, v.734, p.1-30, 2012.

ISHIGAMI, M.; CUMINGS, J.; ZETTL, A.; CHEN, S. A simple method for the continuous production of carbon nanotubes. **Chemical Physics Letters**. v.319, p.457-459, 2000.

HOFMANN, S.; SHARMA, R.; DUCATI, C.; DU, G.; MATTEVI, C.; CEPEK, C.; CANTORO, M.; PISANA, S.; PARVEZ, A.; CERVANTES-SODI, F.; FERRARI, A. C.; DUNIN-BORKOWSKI, R. D.; LIZZIT, S.; PETACCIA, L.; GOLDONI, A.; ROBERTSON, J. In situ observations of catalyst dynamics during surface-bound carbon nanotube nucleation. **Nano Letters**, v.7, p.602-608, 2007.

HORDY, N., COULOMBE, S., MEUNIER, J.L., Plasma functionalization of carbon nanotubes for the synthesis of stable aqueous nanofluids and poly(vinylalcohol) nanocomposites. **Plasma Processes Polym**, v.10, p.110-118, 2013.

JIN, C.; SUENAGA, K.; IJIMA, S. How Does A Carbon Nanotube Grow? An In Situ Investigation on the Cap Evolution. **ACS Nano**, v.2, p.1275-1279, 2008.

JORIO, A.; SAITO, R.; DRESSELHAUS, G.; DRESSELHAUS, M.S. Raman Spectroscopy in Graphene Related Systems. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011. 354p.

KATSUBE, Y.; FUKUDA, T.; MAEKAWA, T. Synthesis of magnetic carbon nanotubes: Functionalisation of carbon nanotubes with nickel/sulphur nanoparticles via self-assembly in near-critical acetone. **Journal of Supercritical Fluids**, v.83, p.1-5, 2013.

KIRAN, A.R.; KUMARI, K.; KRISHNAMURTHY, P.T. Carbon nanotubes in drug delivery: Focus on anticancer therapies. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v.59, p.101892, 2020.

LEE, J.-H.; LEE, S.H.; KIM, D.; PARK, Y.S. The structural and surface properties of carbon nanotube synthesized by microwave plasma chemical vapor deposition method for superhydrophobic coating. **Thin Solid Films**, v.546, p.94-97, 2013.

LIU, Y.; XU, M.; ZHU, X.; XIE, M.; SU, Y.; HU, N.; YANG, Z.; ZHANG, Y. Synthesis of carbon nanotubes on graphene quantum dot surface by catalyst free chemical vapor deposition. **Carbon**, v.68, p.399-405, 2014.

LIN, Y.-C.; LIN, J.-H. Purity-controllable growth of bamboo-like multi-walled carbon nanotubes over copper-based catalysts. **Catalysis Communications**, v.34, p.41-44, 2013.

MISHRA, P.; ISLAM, H.S.S. Surface modification of MWCNTs by O₂ plasma treatment and its exposure time dependent analysis by SEM, TEM and vibrational spectroscopy. **Superlattices and Microstructures**, v.64, p.399-407, 2013.

NAQVI, S.T.R.; RASHEED, T.; HUSSAIN, D.; HAQ, M.N.; MAJEED, S.; SHAFI, S.; AHMED, N.; NAWAZ, R. Modification strategies for improving the solubility/dispersion of carbon nanotubes. **Journal of Molecular Liquids**, v.297, p.111919, 2020.

NIYOGI, S.; HAMON, M. A.; HU, H.; ZHAO, B.; BHOWMIK, P.; SEN, R.; ITKIS, M. E.; HADDON, R. C. Chemistry of Single-Walled Carbon Nanotubes. **Accounts of Chemical Research**, v.35, p.1105-1113, 2002.

PASIEKA, J.; COULOMBE, S.; SERVIO, P. Investigating the effects of hydrophobic and hydrophilic multi-wall carbon nanotubes on methane hydrate growth kinetics. **Chemical Engineering Science**, v.104, p.998-1002, 2013.

QIAN, L.; XIE, Y.; ZHANG, S.; ZHANG, J. Band Engineering of carbon nanotubes for device applications. **Matter**, v.3, i.3, p.664-695, 2020.

RASHEED, T.; HASSAN, A.A.; KAUSAR, F.; SHER, F.; BILAL, M.; IGBAL, H.M.N. Carbon nanotubes assisted analytical detection – sensing/delivery cues for environmental and biomedical monitoring. **Trends in Analytical Chemistry**, v.23, p.116066, 2020.

RUMMELI, M. H.; KRAMBERGER, C.; SCHAFFEL, F.; BOROWIAK-PALEN, E.; GEMMING, T.; RELLINGHAUS, B.; JOST, O.; LOFFLER, M.; AYALA, P.; PICHLER, T.; KALENCZUK, R. J. Catalyst size dependencies for carbon nanotube synthesis. **Physica Status Solidi**, v.244, p.3911-3915, 2007.

SEE, C. H.; A. T. HARRIS. A review of Carbon Nanotube Synthesis via Fluidized-Bed via Fluidized-Bed Chemical Vapor Deposition. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v.46, n.4, p.997-1012, 2007.

SIRIVIRIYANUN, A.; IMAE, T.; NAGATANI, N. Electrochemical biosensors for biocontaminant detection consisting of carbon nanotubes, platinum nanoparticles, dendrimers, and enzymes. **Analytical Biochemistry**, v.443, p.169-171, 2013.

STONER, B.R.; BROWN, B.; GLASS, J.T. Selected topics on the synthesis, properties and applications of multiwalled carbon nanotubes. **Diamond & Related Materials**, v.42, p.49-57, 2014.

VANDENBROUCKE, A.M.; MORENT, R.; GEYTER, N.D.; LEYS, C. Non-thermal plasmas for non-catalytic and catalytic VOC abatement. **Journal of Hazardous Materials**, v.195, p.30-54, 2011.

VERMA, B.; BALOMAJUMDER, C. Surface modification of one-dimensional carbon nanotube: a review for the management of heavy metals in wastewater. **Environmental Technology & Innovation**, v.17, p.100569, 2020.

YING, L.S.; SALLEH, M.A.B.M.; YUSOFF, H.B.M. RASHID, S.B.A.; RAZAK, J.B.A. Continuous production of carbon nanotubes – A review. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v.17, p.367-376, 2011.

WANG, J.; SHEN, B.; LAN, M.; KANG, D.; WUN, C. Carbon nanotubes production from catalytic pyrolysis of waste plastics: The influence of catalyst and reaction pressure. **Catalysis Today**, v.351, p.50-57, 2020.

ZHANG, M., YUDASAKA, M.; IJIMA, S. Production of Large-Diameter Single-Wall Carbon Nanotubes by Adding Fe to a NiCo Catalyst in Laser Ablation. **Journal of Physical Chemistry B**, v.108, p.12757-12762, 2004.

ZARBIN A.J.G. Química de (Nano)materiais. **Química Nova**, v.30, n.6, 1469-1479, 2007.

ZARBIN, A.J.G.; OLIVEIRA, M.M. Nanoestruturas de carbono (nanotubos, grafeno): Quo Vadis? **Química Nova**, v.36, p.1533-1539, 2013.

ZHONG, G.; XIE, R.; YANG, J.; ROBERTSON, J. Single-step CVD growth of high-density carbon nanotube forests on metallic Ti coatings through catalyst engineering. **Carbon**, v.67, p.680-687, 2014.

SOBRE A ORGANIZADORA

ÉRICA DE MELO AZEVEDO - Possui Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2019), Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2012) e complementação pedagógica para exercício da docência na Faculdade Souza Marques (2015). É docente efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias (IFRJ CDuC) e ministra aulas de Química Geral e Inorgânica para turmas do Ensino Médio/Técnico e Graduação e aulas de análise térmica aplicada à alimentos para turmas da Pós-Graduação. Atualmente é vice-coordenadora de Extensão do IFRJ DuC. Coordena e colabora com projetos de pesquisa no IFRJ e colabora em projetos de pesquisa financiados pelo CNPq e desenvolvidos na Escola de Química da UFRJ na área de Tecnologia Química, análise térmica e tratamento térmico de resíduos. Orientou e participou de bancas de trabalhos de conclusão de curso nos temas citados. Têm atuado como membro de comissões julgadoras de editais de fomento à pesquisa e bolsas de iniciação científica do CNPq no âmbito do IFRJ. Publicou artigos em revistas nacionais e internacionais na área de Análise Térmica e na área de Ensino a Distância. Desde 2016 é revisora do renomado periódico Journal of Thermal Analysis (JTAC). Atuou como organizadora de e-books e autora de capítulos de livros publicados na área de Química e Engenharia Química pela Atena Editora.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acetilcolinesterase 180, 181, 182, 184, 190

Adsorção 80, 82, 83, 84, 86, 87, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 128, 206, 238, 286

Alcanosulfonatos 135

Aloysia gratissima 180, 181, 182, 184, 185, 189, 190, 191

Alpinia 192, 193, 194, 195

Amilase 146, 148, 152, 157

Aniba canelilla 192, 193, 194, 196, 197

Aprendizagem Contextualizada 1

Aprendizagem Significativa 3, 6, 7, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 48

C

Carvão Ativado 83, 86, 126, 128, 129, 132, 133, 134

Casca de Laranja 126, 129, 134

Compósito Tricomponente 216, 218, 220, 227

D

Degradação 80, 84, 94, 95, 100, 101, 105, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 152, 167, 235, 255, 257, 260, 306, 307, 308, 309, 311, 312, 315, 324, 325, 327, 329

Determinação Bioquímica 242

E

Eletrodos Compósitos 203, 204, 205, 209, 210

Endopleura uchi 242, 243, 244, 249, 250, 251, 252

Ensino de Química 1, 4, 6, 7, 33, 42, 47, 49, 51, 55, 56, 59, 62, 69, 70

Escória de Aciaria 292, 293, 294, 296, 297, 299

Extração 136, 148, 158, 160, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182, 184, 185, 193, 194, 206, 207, 208, 209, 214, 232, 282, 287, 290

Extrato de Açai 198

Extrato de Pitanga 198

F

Fármacos Residuais 105, 106

Fermentação Alcoólica 146, 148, 149, 150, 152, 156, 157

Ferramenta de Ensino 17, 18, 21, 32

Fertilizantes 253, 254, 255, 263, 290, 291

Fotocatálise 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120

G

Glutathione S-Transferase 198

H

Hidrólise Enzimática 146, 147, 148, 152, 156, 157

Hidróxidos Duplos Lamelares 292, 293, 294, 299, 300

J

Jogo Didático 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 29, 32, 60, 61, 63, 64, 68, 69, 70, 71

L

Ligação Química 26, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Lipase 158, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 170, 171

Líquidos Iônicos 135, 136, 137, 144, 145

Livro Didático 6, 8, 35, 36, 38, 42, 43, 45, 46, 48, 54, 58, 77, 78

M

Microextração Líquido-Líquido Dispersiva 282, 286, 287

Micropoluentes 106, 108, 113

Modelagem Matemática 257, 301, 302

N

Nanofibrilas de Celulose 231

Nanotubos de Carbono 204, 319, 320, 323, 327, 329

Níveis de Cobre 282

O

Óleo Essencial 134, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 188, 189, 190, 192, 193

P

Plasma 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 322, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 331

Polímeros com Impressão Molecular 203, 207

Q

Química Ambiental 9, 10, 16

Química do Chocolate 1, 5, 6

Química do Plasma 306, 313

R

Redução Eletroquímica de CO₂ 231, 233

Resíduos da Agroindústria 80, 83

Rodamina B 94, 100

S

Sensores Vapocrômicos 265

Sistema de Liberação Controlada 253, 255

Sustentabilidade 82, 169, 216, 220, 231, 254

T

Teobromina 1, 2, 3, 4, 5, 6

Tratamento de Água 126, 128, 129, 133, 134, 315

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2


Ano 2020

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2