

Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



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

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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 com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da 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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

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 Dra. 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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
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 Albornoz – 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
Prof^ª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Trabalhos nas áreas de fronteira da química

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T758 Trabalhos nas áreas de fronteira da química / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-824-3

DOI 10.22533/at.ed.243212202

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva
(Organizador). 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



Ano 2021

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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O E-book intitulado: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos, promovem a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: melhoria na qualidade e expectativa de vida da sociedade. Esta coleção apresenta trabalhos que proporcionam: (i) melhorar e aperfeiçoar a relação ensino aprendizagem em diferentes níveis de ensino, possibilitando o aprofundamento da compreensão da relação homem e meio-ambiente, por meio do desenvolvimento de uma consciência que coloque o homem como parte integrante do meio; (ii) desenvolvimento de novos materiais com potencialidades de melhorar ou inovar suas aplicações nos diferentes seguimentos da sociedade, despertando a mudança da visão extrativista e fortalecendo a que seja capaz de reduzir impactos ao meio ambiente; (iii) uso da biotecnologia tanto no setor de saúde quanto no de alimentos que buscam aprimorar ou desenvolver novas aplicações; (iv) aplicação e potencialidades do uso de biomassa de resíduos e rejeitos gerados por atividades agroindustriais, possibilitando a incorporação destes como matéria-prima para aplicações em diferentes produtos, diminuindo o impacto gerado na extração de matérias-primas do ambiente que contribui para a preservação de recursos naturais para as gerações vindouras e (v) estudo de novas substâncias potencialmente capazes de melhorar ou desenvolver processos clínicos, tanto do ponto de vista de resolução de imagens em exames quanto de processos terapêuticos, possibilitando maior acessibilidade e disponibilidade a sociedade.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que levem a despertar uma maior consciência da relação do homem e do meio ambiente, a Atena Editora lança o volume I do E-book “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ABORDANDO A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM E DA COMPOSTAGEM NA PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)

Estefano Poletto da Silva

Joanez Aires

DOI 10.22533/at.ed.2432122021

CAPÍTULO 2..... 14

ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE, AMBIENTE (CTSA) NO ENSINO DE QUÍMICA DO ENSINO SUPERIOR: OFICINAS DE PRODUÇÃO DE SABÃO EM COMUNIDADES PERIFÉRICAS DA CIDADE DE MARABÁ – PARÁ

Aline Maria Viana de Souza

Elieuda dos Reis Santos

Joana D'arc Alexandre Barbosa

Jefferson Dias Vieira

Millena Lima Almeida

Marcos Francisco Ozorio dos Santos

Tatiani da Luz Silva

DOI 10.22533/at.ed.2432122022

CAPÍTULO 3..... 30

O USO DA QUÍMICA DOS PERFUMES NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

Gabriel de Paula Bueno

Olga Maria Schimidt Ritter

Taís Viviane Hanauer

Victor Leonardo Rodrigues Pinheiro

Bruna Sthephany Grassi Magalhães

DOI 10.22533/at.ed.2432122023

CAPÍTULO 4..... 41

OFICINA PEDAGÓGICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM DE ASTRONOMIA

Marcelo Monteiro Marques

Juliana Pereira da Costa

Rayanne Cristina da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.2432122024

CAPÍTULO 5..... 52

A NANOTECNOLOGIA NA LUTA CONTRA O CÂNCER: UMA REVISÃO

Angélica de Brito Sousa

Jéssica Randel da Silva Alves

Darlisson Slag Neri Silva

Juracir Francisco de Brito

Nelson Nunes da Silva Lopes Júnior

DOI 10.22533/at.ed.2432122025

CAPÍTULO 6..... 64

CELULOSE BACTERIANA PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Ricardo Barbosa de Sousa
Amanda Maria Claro
Hernane da Silva Barud
Sidney José Lima Ribeiro
Edson Cavalcanti da Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.2432122026

CAPÍTULO 7..... 88

ENSAIOS PARA PRODUÇÃO DE UM SORVETE PROBIÓTICO A PARTIR DO USO DE EXTRATO DE *Theobroma grandiflorum* (CUPUAÇU) E CEPAS COMERCIAIS DE *Lactobacillus acidophilus*

Elaine Isabel Melo Alves Coelho
Lívia Maria Pinto Rodrigues
Edailson de Alcântara Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2432122027

CAPÍTULO 8..... 99

NANOPARTÍCULAS DE COBRE BIOCINTETIZADAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Phaeoacremonium* SP. ISOLADO DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa* DUCKE

Edmilson dos S. Moraes
Fabrício H. Holanda
Beatriz L. Ferreira
Iracirema S. Sena
Adilson L. Lima
Victor H. de Souza Marinho
Irlon Maciel Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.2432122028

CAPÍTULO 9..... 112

SÍNTESE HIDROTERMAL DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO A PARTIR DE GLICOSE E UREIA

Pedro Rafael da Cruz Almeida
Michael Douglas Santos Monteiro
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Carlos dos Santos Junior
José Fernando de Macedo
Anderson Alex Conceição Alves
Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Eliana Midori Sussuchi
Lucas dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.2432122029

CAPÍTULO 10..... 123

INFLUÊNCIA DOS HIDRÓXIDOS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO NA ATIVAÇÃO

MECANOQUÍMICA DO SISTEMA MgO-Al₂O₃-SiO₂

Constança Amaro de Azevedo

Francisco Manoel dos Santos Garrido

Jairo Moura de Melo

Marta Eloísa Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.24321220210

CAPÍTULO 11..... 131

IMPLICAÇÕES E APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Marluce Oliveira da Guarda Souza

Carine Pereira da Silva

Fernanda Sales Silva

DOI 10.22533/at.ed.24321220211

CAPÍTULO 12..... 143

ICE TEMPLATE ADAPTADA: A PRODUÇÃO DE POROS ATRAVÉS DO CONGELAMENTO

Natália Reigota César

Jeniffer Silveira Gonçalves

Aparecido Junior de Menezes

Walter Ruggeri Waldman

DOI 10.22533/at.ed.24321220212

CAPÍTULO 13..... 157

CARACTERIZAÇÃO DO INSUMO FARMACÊUTICO ATIVO SULFATO DE ATAZANAVIR

Emiliana Moraes de Carvalho

Erika Martins de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.24321220213

CAPÍTULO 14..... 169

UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA PARA O CASO DA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO, DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS, EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM BATELADA

Rony Peterson da Rocha

Claudilaine Caldas de Oliveira

Eugênia Leandro Almeida

Mauro A.S.S. Ravagnani

Cid Marcos G. Andrade

DOI 10.22533/at.ed.24321220214

CAPÍTULO 15..... 184

EFEITO DE PROTEÍNAS *ZINC-FINGER* EM DOENÇAS HUMANAS: UM FOCO NA CO-CHAPERONA HSP40 E DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

Jemmyson Romário de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.24321220215

CAPÍTULO 16..... 196

NAFTOIMIDAZÓIS COMO POTENCIAIS COMPONENTES TERANÓSTICOS FLUORESCENTES: SÍNTESE E AVALIAÇÃO

Victória Laysna dos Anjos Santos

Helinando Pequeno de Oliveira

Arlan de Assis Gonsalves

Cleônia Roberta Melo Araújo

DOI 10.22533/at.ed.24321220216

SOBRE O ORGANIZADOR.....209

ÍNDICE REMISSIVO.....210

SÍNTESE HIDROTERMAL DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO A PARTIR DE GLICOSE E UREIA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Pedro Rafael da Cruz Almeida

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/2947906108380906>

Michael Douglas Santos Monteiro

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão - Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/8097104264702877>

Jonatas de Oliveira Souza Silva

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/1361657720395265>

José Carlos dos Santos Junior

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3580411959645679>

José Fernando de Macedo

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3720990598641830>

Anderson Alex Conceição Alves

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão - Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3685247328156156>

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/7763110962253466>

Eliana Midori Sussuchi

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/8137586721918798>

Lucas dos Santos Lima

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/1131629410192288>

RESUMO: Os nanomateriais têm recebido grande atenção científica nos últimos anos, devido à ampla aplicação em diferentes áreas como engenharia, física, química, dentre outras. No presente trabalho foram sintetizadas nanopartículas de carbono (CD) utilizando glicose e ureia como precursores, na proporção de 1:2 (m/m). A síntese foi realizada aplicando o método hidrotermal, utilizando uma estufa a 180 °C durante 8 horas. O produto de síntese foi caracterizado empregando as técnicas de Espectroscopia de absorção (UV-Vis) e emissão na região do UV-Visível, Espectroscopia Vibracional com Transformada de Fourier na região do Infravermelho (FTIR). As análises por UV-VIS apresentaram três máximos de absorção, sendo duas transições eletrônicas de natureza $\pi-\pi^*$ e uma de natureza $n-\pi^*$, as quais

são características dos *carbon dots*. As bandas obtidas por FTIR são características dos precursores, como as vibrações de estiramento C=O e N-H, presentes na ureia e a vibração O-H presente na glicose. Além disso, a presença de um estiramento C=C, atribuído à formação de carbonos aromáticos. Os resultados obtidos por essas caracterizações indicam a formação de um material que possui grupamentos pertencentes a ambos os precursores, e características de um nanomaterial da classe dos *carbon dots*, demonstrando facilidade e baixo custo no processo de obtenção quando comparado com alguns trabalhos da literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Síntese, *carbon dots*, glicose.

HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF CARBON NANOPARTICLES FROM GLUCOSE AND UREA

ABSTRACT: Nanomaterials have received great scientific attention in recent years. This is due to the wide application of these nanostructures in different areas, such as engineering, physics, chemistry, materials sciences, and molecular biology. In the present work, carbon nanoparticles (CD) were synthesized using glucose and urea in the ratio 1:2 (w/w) as precursor structures. The hydrothermal synthesis method was utilized, using an oven at 180 °C for 8 hours. The synthesis product was characterized using the techniques of Absorption Spectroscopy (UV-Vis) and emission in the UV-Visible region, Fourier-Transform Infrared spectroscopy (FTIR). The UV-VIS analysis showed three absorption maximums, two of which are electronic transitions of nature $\pi-\pi^*$ and one of nature $n-\pi^*$, which is characteristic of carbon dots. The bands obtained by FTIR are characteristic of the precursors, such as the stretching vibrations C=O and N-H, present in urea and the O-H vibration present in glucose. In addition, the presence of a C=C stretch, attributed to the formation of aromatic carbon. The results obtained by these characterizations indicate the formation of a material that has groups belonging to both precursors and characteristics of a nanomaterial in the class of carbon dots, demonstrating facility and low cost in the process of obtaining when compared with some works in the literature.

KEYWORDS: Synthesis, carbon dots, glucose.

1 | INTRODUÇÃO

Os *carbon dots* (CD) são nanopartículas de carbono que apresentam dimensões com diâmetro abaixo de 10 nm, obtidos pela primeira vez durante a purificação de nanotubos de carbono de parede única por eletroforese preparativa em 2004 [1]. Em geral, os CD consistem em uma estrutura de carbono amorfa com domínios cristalinos com, principalmente, hibridização sp^2 e com diferentes grupos funcionais em sua superfície. Os grupos funcionais mais comuns na superfície são os ácidos carboxílicos, os álcoois e o grupo amina. Esses grupos facilitam a solubilidade dos CD em soluções aquosas [23].

Nas últimas duas décadas, os CD têm atraído muita atenção devido às suas propriedades, tais como, alta luminescência, fácil obtenção, baixo custo e boa estabilidade química. Além disso, possuem baixa toxicidade e boa biocompatibilidade quando comparados aos tradicionais *quantum dots* de semicondutores [35].

As propriedades dos CD permitem aplicações em diversas áreas como em bioimagem, devido a sua fluorescência natural, alta resistência à fotodegradação, baixa toxicidade e alta solubilidade em água e outros solventes [6]. Na área de iluminação do estado sólido sendo utilizados como LED, em virtude de sua estável emissão de luz, o baixo custo e por não agredir o ambiente [7]. Na catálise devido à sua propriedade de rápida transferência de elétrons [8]. Como biosensores e sensores eletroquímicos, pela facilidade na transferência eletrônica o que junto aos grupos funcionais presentes nas nanopartículas promovem melhora nas respostas analíticas, devido o aumento das interações entre o sensor e o analito, permitindo o uso de técnicas voltamétricas para essa aplicação [9-10].

As rotas sintéticas dos CD podem ser divididas em dois grupos principais: *Top-down* e *Bottom-up*. O tipo *Top-down* envolve a clivagem ou quebra de materiais de carbono volumosos, como carboidratos, fuligem de carbono, fibras de carbono, carvão ativado, etc., por meio de abordagens químicas, eletroquímicas ou físicas. Todo o mecanismo de formação depende da quebra da ligação entre os átomos de carbono [5,11].

O tipo *Bottom-up* envolve a pirólise ou carbonização e condensação de pequenas moléculas orgânicas. Geralmente, as moléculas orgânicas passam por quatro estágios na formação de CD: condensação, polimerização, carbonização e passivação. Na etapa de condensação, os pequenos precursores de moléculas orgânicas podem formar intermediários de compostos de cadeia por uma reação de condensação ou uma reação radicalar. Na polimerização, os intermediários são agregados, semelhantes aos polímeros, por interações covalentes, não covalentes ou outras interações. Na carbonização, os polímeros carbonizam para formar o núcleo de carbono, especialmente a altas temperaturas. Por fim na passivação, os precursores residuais, são incorporados como agentes passivadores de superfície dos CD para melhorar a eficiência da luminescência, dentre outras propriedades [5,11]. Os esquemas de rotas sintéticas são apresentados na Figura 1.

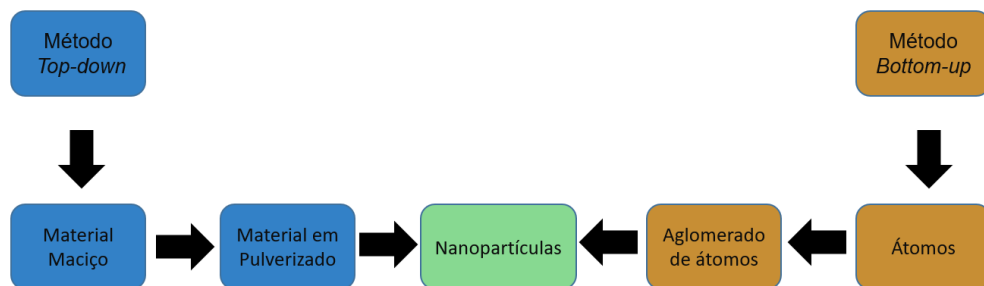


Figura 1: Processos sintéticos de CD.

Fonte: adaptado de [4].

No método de síntese *Top-down*, as técnicas que mais se destacam são arco-elétrico, ablação por laser, oxidação eletroquímica e tratamento ultrassônico. No entanto, essa abordagem traz consigo inconvenientes como a exigência de materiais caros, condições adversas de reação e longo tempo de reação. Já no *Bottom-up*, existem as técnicas que utilizam microondas, decomposição térmica, carbonização, pirólise, tratamento solvotérmico e o tratamento hidrotérmico.

Todas as técnicas de síntese têm suas vantagens e desvantagens, por exemplo: o método oxidação eletroquímica/química. Nessa abordagem há as vantagens de controle de tamanho da partícula e da nanoestrutura, além de ser estável e ser realizado, normalmente, em um único passo. Entretanto, poucos trabalhos são reportados, em que os precursores são capazes de sintetizar nanopartículas por essa estratégia [6]. Ou então, o método de ablação por laser, o qual é rápido, eficiente e possibilita o ajuste do estado da superfície do CD, mas tem pouco rendimento quântico e pouco controle no tamanho da partícula [7].

No entanto, o método mais utilizado, atualmente, é o de síntese hidrotérmica, devido ao seu baixo custo e baixa toxicidade. Esse processo de síntese, geralmente, consiste na adição dos precursores e de água a um reator hidrotérmico, o qual é selado e aquecido. Esse aquecimento é realizado a uma temperatura maior que a temperatura de ebulição da água devido à pressão interna gerada no reator pelo próprio aquecimento. Muitos precursores são utilizados para realizar a síntese dos CD por rota hidrotérmica como glicose, ácido cítrico, quitosana, proteínas, etc. o que demonstra um dos motivos para a baixa toxicidade e custo do método, além do uso da água como solvente [5-7,12].

Além da busca na literatura, foi realizada uma pesquisa de patentes utilizando as palavras-chave "*synthesis and carbon dots and glucose*" na opção de resumo ou título na plataforma do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), nenhum resultado foi obtido. Pela plataforma Espacenet, utilizando as palavras-chave "*Synthesis and carbon dot and glucose*" 4 patentes foram relacionadas com o trabalho: "*Nitrogen-sulfur double-doped carbon quantum dot, preparation method therefor and application thereof*"; "*Method for simultaneously preparing carbon quantum dots and carbon nanometer balls, and product thereof*"; "*Preparation method of carbon quantum dot/bismuth molybdate nano-sheet composite photocatalytic material*"; "*Fluorescence-enhanced carbon quantum dots and preparation method thereof*". Já pela plataforma *World Intellectual Property Organization* (WIPO), com as palavras-chave "*Synthesis and carbon dot and glucose*" na opção *front page* e na opção *full text*, as 4 patentes supracitadas foram encontradas novamente, demonstrando a inovação possibilidade de realizar uma patente com este trabalho.

Assim, o presente trabalho sintetizou e caracterizou nanopartículas da classe dos *carbon dots* com o objetivo de aplicá-las no desenvolvimento de novas tecnologias.

2 I METODOLOGIA

Neste segmento, serão descritos os reagentes e os procedimentos utilizados para a obtenção dos resultados.

2.1 Reagentes

Na Tabela 1, são identificados os reagentes utilizados para os processos realizados.

Reagentes	Fórmula Molecular	Fabricante	Grau de pureza (%)
Água ultrapura	H ₂ O	Milli-Q	-
Glicose	C ₆ H ₁₂ O ₆	Alphatec	99,97%
Ureia	(NH ₂) ₂ CO	Vetec	99,98%
Hidróxido de Sódio	NaOH	IMPEX	99,99%
Brometo de Potássio	KBr	Dinâmica	99,99%
Etanol	C ₂ H ₅ OH	Dinâmica	99,95%
Acetato de Polivinila (PVA)	(C ₄ H ₆ O ₂) _n	Neon	99,99%

Tabela 1: Reagentes utilizados durante os procedimentos experimentais.

2.2 Síntese dos *Carbon dots*

Para a síntese dos CD, foram utilizados 3,00 g de glicose e 6,00 g de ureia. A mistura foi dissolvida em 30,00 mL de água ultrapura. Em seguida, a solução obtida foi agitada mecanicamente durante 30 minutos. Após esse período, a solução foi transferida para uma autoclave de teflon com capacidade de 85,00 mL. O recipiente foi levado à estufa a 180 °C durante 8 horas. Ao final da síntese, a autoclave foi resfriada à temperatura ambiente. O material obtido foi misturado com 60,00 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1,25 mol.L⁻¹ e a mistura resultante foi rotaevaporada a 70 °C e 60 rpm. Em seguida, o sólido foi coletado com etanol, formando-se uma suspensão dos CD, e essa suspensão foi transferida para um tubo falcon o qual foi armazenado sob refrigeração e na ausência da luz [13-14].

2.3 Caracterização dos *Carbon dots*

Os CD foram caracterizados por Espectroscopia Eletrônica de Absorção na Região do Ultravioleta-Visível, Espectroscopia Vibracional na Região no Infravermelho, Espectroscopia de Emissão na Região do Ultravioleta-Visível.

2.3.1 Espectroscopia Vibracional de Absorção na Região do Infravermelho

As análises foram realizadas por meio de um equipamento Varian 640 – IR com o intuito de verificar a presença dos principais grupos funcionais do CD. Para isso, pastilhas foram preparadas ao macerar e prensar brometo de potássio (KBr) e CD. As análises foram realizadas na região de 4000 a 400 cm^{-1} .

2.3.2 Espectroscopia Eletrônica de Absorção na Região do UV-Visível

Através de um espectrofotômetro Varian Cary 100 Scan UV-Visible Spectrophotometer, foram realizadas as análises da suspensão dos CD, na região de 200 a 800 nm, visando à obtenção do comprimento de onda de máxima absorção. Duas cubetas de quartzo com 1 cm de caminho óptico foram preenchidas, uma com etanol para ser realizado o branco e outra com a suspensão de CD.

2.3.3 Espectroscopia de Fluorescência

As análises de espectroscopia de fluorescência foram realizadas em um espectrofluorímetro JascoFP – 8600 na região de 200 a 800 nm. Foi utilizada uma cubeta de quartzo com 1 cm de caminho óptico e a suspensão de CD. Com essa análise, foi determinado o comprimento de onda de excitação no qual há uma maior intensidade de emissão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão discutidos os resultados que foram obtidos através das técnicas de caracterização e pela análise eletroquímica dos CD.

3.1 Espectroscopia Vibracional de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A análise pela espectroscopia vibracional indicou a formação de um composto que permanece com os principais grupos funcionais de seus precursores, como pode ser observado na Figura 2.

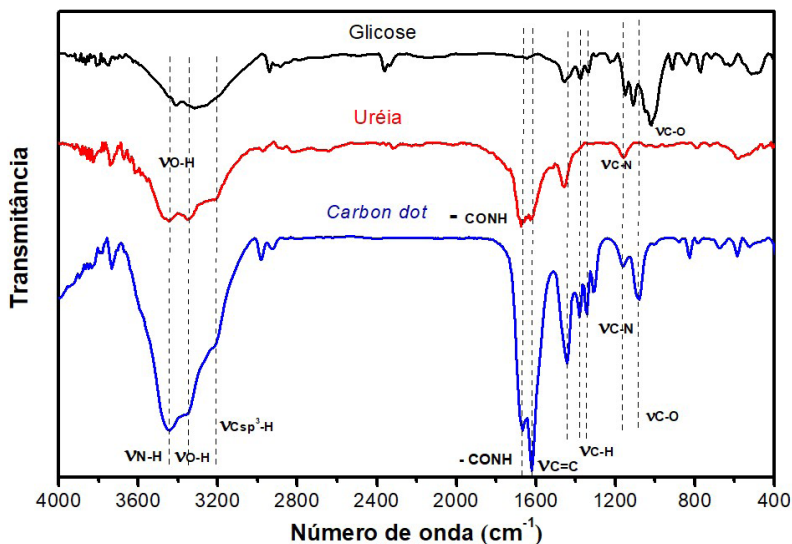


Figura 2: Espectros vibracionais de FTIR do *carbon dot* e seus precursores em KBr.

O espectro de infravermelho referente ao CD apresenta vibrações nas regiões de 3050-3650 cm^{-1} e 3200-3600 cm^{-1} , que estão relacionadas aos estiramentos das ligações N-H de amida e O-H de álcool, respectivamente [20,24]. Há também uma banda na região de 2840–3000 cm^{-1} relacionada ao estiramento da ligação C-H de carbono sp^3 [1315]. Uma vibração estreita e forte pode ser observada em 1666 cm^{-1} , a qual corresponde ao grupamento CONH, referente à amida [13]. As vibrações em 1620 cm^{-1} e 1442 cm^{-1} podem ser atribuídas a vibração de estiramento C=C devido à formação de carbonos aromáticos durante a carbonização no processo de síntese [15-18]. A deformação da ligação C-H também é observada na região de 1380-1340 cm^{-1} , porém classificada como simétrica e no formato de dubleto, indicando a existência de carbono terciário molécula [1517]. Em 1180 cm^{-1} , há a presença do estiramento da ligação C-N, a qual é relacionada ao grupamento amida [17]. Há uma vibração em 1080 cm^{-1} , representando a ligação C-O, que nesta região, caracteriza a presença de álcool primário [3]. As vibrações dessas ligações também aparecem tanto para a glicose, quanto para a ureia, como pode ser observado na Figura 3. Dessa forma, é possível afirmar que o CD sintetizado possui grupamentos aromáticos, hidroxílicos e nitrogenados.

3.2 Espectroscopia de Emissão e Absorção na Região do UV-Visível

O CD disperso em etanol, forma uma solução coloidal de cor alaranjada. Ao incidir luz ultravioleta de comprimento de onda 365 nm, a solução emitiu uma coloração azul claro, que foi facilmente perceptível a olho nu (Figura 3), sendo comparável com o que é reportado na literatura [19].

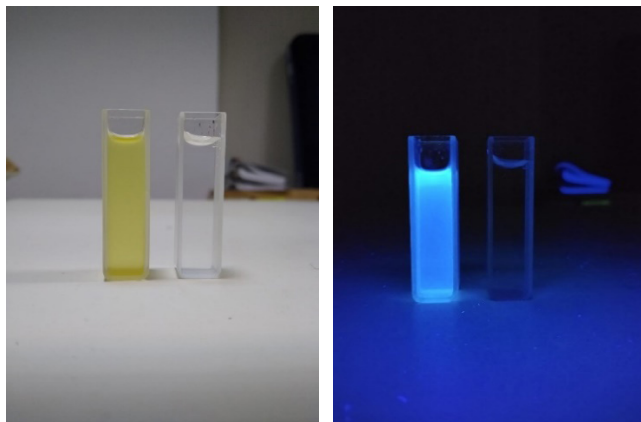


Figura 3: Imagens dos CD em etanol sob luz do dia (esquerda) e imagens de fotoluminescência (direita) sob radiação UV (365 nm).

As propriedades ópticas dos CD obtidos também foram estudadas para uma melhor compreensão do material formado. Para isso, foi utilizada a espectroscopia de Absorção (Figura 4) e a espectroscopia de Emissão (Figura 5).

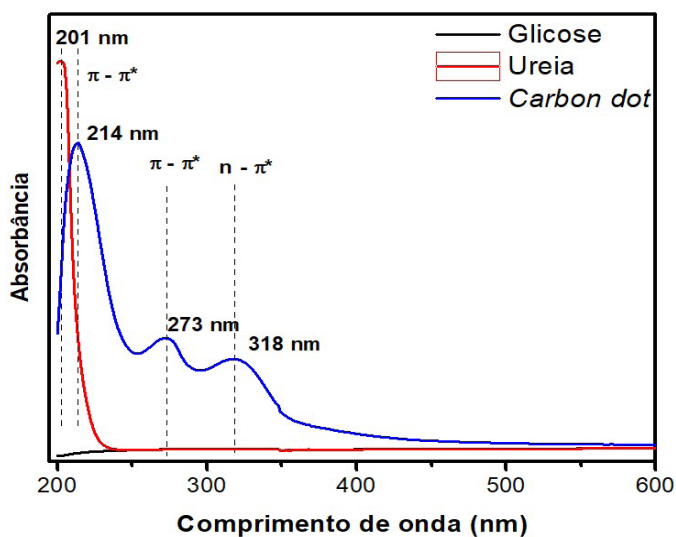


Figura 4: Espectros de absorção do CD em etanol e de seus precursores.

Conforme o espectro de absorção UV-Vis da Figura 4, o produto de síntese apresentou bandas de absorção bem definidas, uma em 214 nm referente às transições $\pi - \pi^*$ de carbono sp^2 , a qual também aparece no espectro da ureia. Outra transição em 273 nm, a qual é de natureza $\pi - \pi^*$ intercambiada de transferência de carga e em 318 nm,

originada da transição $n-\pi^*$ da ligação C=O da partícula de CD [14, 21-23].

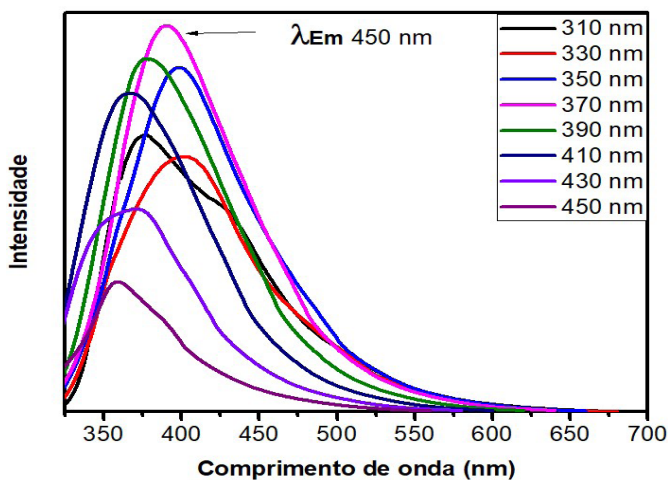


Figura 5: Espectros de emissão dos CD em etanol em diferentes comprimentos de onda de excitação.

De acordo com os espectros obtidos pela espectroscopia de emissão (Figura 5), a suspensão de CD tem seu máximo de emissão em 450 nm, quando utilizado o comprimento de excitação em 370 nm. Quando comparado com a literatura [12,20], é um valor de máximo aproximado com o que é esperado pela cor de emissão. O máximo de emissão varia de 359 nm a 402 nm quando o comprimento de excitação é variado de 310 nm a 450 nm. A posição da banda de emissão da fluorescência depende do comprimento de onda de excitação, devido à distribuição não homogênea dos CD, à composição química da superfície e aos defeitos de estado. Além disso, a dependência da posição da banda de emissão na excitação pode ser devida às características do mecanismo de fluorescência [14,21].

4 | CONCLUSÃO

Os resultados referentes ao levantamento bibliográfico de patentes demonstraram que não há materiais patenteados que apresentem características semelhantes ao produto obtido neste trabalho. As caracterizações realizadas apresentaram um material luminescente, que contém uma banda de absorção característica dos *carbon dots*, com propriedades aromáticas por apresentar a vibração de estiramento C=C e que também mantém características de seus precursores apresentando suas respectivas bandas de vibração. O material foi sintetizado de maneira fácil e de baixo custo, apresenta propriedades de um novo material da classe dos *carbon dots*. Devido os estudos realizados

e as comparações com trabalhos na literatura, esse CD concede diversas possibilidades de aplicações em sistemas reais, o que pode gerar novas tecnologias do âmbito estudado.

REFERÊNCIAS

- [1] XU, X., RAY, R., GU, Y., PLOEHN, H. J., GEARHEART, L., RAKER, K., SCRIVENS, W. A. **Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments.** *Journal of the American Chemical Society*, v. 126, p. 12736–12737, 2004.
- [2] HOLA, K., ZHANG, Y., WANG, Y., GIANNELIS, E. P., ZBORIL, R., ROGACH, A. L. **Carbon dots - Emerging light emitters for bioimaging, cancer therapy and optoelectronics.** *Nano Today*, v. 9, p. 590–603, 2014.
- [3] ZHU, S., ZHANG, J., TANG, S., QIAO, C., WANG, L., WANG, H., LIU, X., LI, B., LI, Y., YU, W., WANG, X., SUN, H., YANG, B. **Surface chemistry routes to modulate the photoluminescence of graphene quantum dots: From fluorescence mechanism to up-conversion bioimaging applications.** *Advanced Functional Materials*, v. 22, p. 4732–4740, 2012.
- [4] ZHU, S., MENG, Q., WANG, L., ZHANG, J., SONG, Y., JIN, H., ZHANG, K., SUN, H., WANG, H., YANG, B. **Highly photoluminescent carbon dots for multicolor patterning, sensors, and bioimaging.** *Angewandte Chemie - International Edition*, v. 52, p. 3953–3957, 2013.
- [5] EALIAS, A. M., SARAVANAKUMAR, M. P. **A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application.** *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 263, 2017.
- [6] SHARMA, A., DAS, J. **Small molecules derived carbon dots: Synthesis and applications in sensing, catalysis, imaging, and biomedicine.** *Journal of Nanobiotechnology*, v. 17, p. 1–24, 2019.
- [7] WANG, Y., HU, A. **Carbon quantum dots: Synthesis, properties and applications.** *Journal of Materials Chemistry C*, v. 2, p. 6921–6939, 2014.
- [8] SHEN, L. M., LIU, J. **New development in carbon quantum dots technical applications.** *Talanta*, v. 156–157, p. 245–256, 2016.
- [9] PUMERA, M., SÁNCHEZ, S., ICHINOSE, I., TANG, J. (2007). **Electrochemical nanobiosensors.** *Sensors and Actuators, B: Chemical*, v. 123, p. 1195–1205, 2007.
- [10] LOWINSOHN, D., GAN, P., TSCHULIK, K., FOORD, J. S., COMPTON, R. G. **Nanocarbon Paste Electrodes.** *Electroanalysis*, v. 25, p. 2435–2444, 2013.
- [11] LIU, M. L., CHEN, B. BIN, LI, C. M., HUANG, C. Z. **Carbon dots: Synthesis, formation mechanism, fluorescence origin and sensing applications.** *Green Chemistry*, v. 21, p. 449–471, 2019.
- [12] BAKER, S. N., BAKER, G. A. **Luminescent carbon nanodots: Emergent nanolights.** *Angewandte Chemie - International Edition*, v. 49, p. 6726–6744, 2010.

- [13] ZHU, J., BAI, X., BAI, J., PAN, G., ZHU, Y., ZHAI, Y., SHAO, H., CHEN, X., DONG, B., ZHANG, H., SONG, H. **Emitting color tunable carbon dots by adjusting solvent towards light-emitting devices.** *Nanotechnology*, v. 29, 2018.
- [14] TOMSKAYA, A. E., EGOROVA, M. N., KAPITONOV, A. N., NIKOLAEV, D. V., POPOV, V. I., FEDOROV, A. L., SMAGULOVA, S. A. **Synthesis of Luminescent N-Doped Carbon Dots by Hydrothermal Treatment.** *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, v. 255, p. 1–5, 2018.
- [15] JAVED, M., SAQIB, A. N. S., ATA-UR-REHMAN, ALI, B., FAIZAN, M., ANANG, D. A., IQBAL, Z., ABBAS, S. M. **Carbon quantum dots from glucose oxidation as a highly competent anode material for lithium and sodium-ion batteries.** *Electrochimica Acta*, v. 297, p. 250–257, 2019.
- [16] DONG, Y., PANG, H., YANG, H. BIN, GUO, C., SHAO, J., CHI, Y., LI, C. M., YU, T. **Carbon-Based Dots Co-doped with Nitrogen and Sulfur for High Quantum Yield and Excitation-Independent Emission.** *Angewandte Chemie*, v. 125, p. 7954–7958, 2013.
- [17] ZHU, Y., JI, X., PAN, C., SUN, Q., SONG, W., FANG, L., CHEN, Q., BANKS, C. E. **A carbon quantum dot decorated RuO₂ network: Outstanding supercapacitances under ultrafast charge and discharge.** *Energy and Environmental Science*, v. 6, p. 3665–3675, 2013.
- [18] JIAN, X., YANG, H. MIN, LI, J. GANG, ZHANG, E. HUI, CAO, L. LE, LIANG, Z. HAI. **Flexible all-solid-state high-performance supercapacitor based on electrochemically synthesized carbon quantum dots/polypyrrole composite electrode.** *Electrochimica Acta*, v. 228, p. 483–493, 2017.
- [19] ELGRISHI, N., ROUNTREE, K. J., MCCARTHY, B. D., ROUNTREE, E. S., EISENHART, T. T., DEMPSEY, J. L. **A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry.** *Journal of Chemical Education*, v. 95, p. 197–206, 2018.
- [20] FENG, T., ZENG, Q., LU, S., YAN, X., LIU, J., TAO, S., YANG, M., YANG, B. **Color-Tunable Carbon Dots Possessing Solid-State Emission for Full-Color Light-Emitting Diodes Applications.** *ACS Photonics*, v. 5, p. 502–510, 2018.
- [21] ZHU, S., SONG, Y., ZHAO, X., SHAO, J., ZHANG, J., YANG, B. (2015). **The photoluminescence mechanism in carbon dots (graphene quantum dots, carbon nanodots, and polymer dots): current state and future perspective.** *Nano Research*, v. 8, p. 355–381, 2015.
- [22] RECKMEIER, C. J., SCHNEIDER, J., SUSHA, A. S., ROGACH, A. L. (2016). **Luminescent colloidal carbon dots: optical properties and effects of doping** [Invited]. *Optics Express*, v. 24(2), A312, 2016.
- [23] HU, S., TIAN, R., DONG, Y., YANG, J., LIU, J., CHANG, Q. (2013). **Modulation and effects of surface groups on photoluminescence and photocatalytic activity of carbon dots.** *Nanoscale*, v. 5, 11665–11671, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 130, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142

Água 16, 19, 20, 21, 26, 27, 32, 34, 35, 55, 56, 66, 73, 95, 101, 102, 114, 115, 116, 123, 125, 133, 135, 136, 139, 143, 144, 145, 146, 148, 152, 153, 160, 191, 200

Aminoácidos 184, 185, 187, 188

Análise térmica 126

Aprendizagem 16, 29, 36, 37, 41, 42, 46, 49, 50

Astronomia 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

B

Bandas 113, 119, 120, 128, 160, 161, 205

Biocatálise 99, 101

C

Câncer 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 74, 185, 186

Carbono 67, 82, 112, 113, 114, 118, 119, 140, 162, 203

Células 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 67, 73, 74, 76, 94, 103, 106, 133, 185, 186, 191, 192

Celulose 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 82, 83, 85, 133, 141

Ciência 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 42, 49, 53, 64, 75, 80, 82, 98, 108, 131, 143, 171, 196

Cobre 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 188

Contexto 13, 23, 28, 89, 90, 131, 134, 157, 158, 159

Corante 131, 136, 137, 138, 139

Cromatografia líquida de alta eficiência 163

D

Descarte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 139

Desenvolvimento 3, 9, 12, 14, 16, 17, 28, 31, 41, 42, 43, 48, 52, 53, 58, 59, 60, 64, 65, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 82, 83, 88, 89, 94, 96, 101, 106, 107, 115, 153, 157, 158, 159, 167, 170, 188, 193, 209

Diagnóstico 25, 186, 196, 197, 198

Difração de raios X 127, 128, 160, 164

Difratograma 165, 167

Doenças 4, 31, 52, 56, 60, 88, 89, 100, 157, 184, 185, 188, 193, 197

E

Educação 1, 2, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 16, 23, 28, 39, 43, 46, 47, 49, 50, 64, 96, 209

Educação ambiental 1, 16, 23, 209

Eletroquímicos 114

Espectro de infravermelho 118, 167

Espectroscopia de fluorescência 117

Estabilidade química 113

Estabilidade térmica 67, 157, 159, 164, 167, 190, 191, 193

Estruturas químicas 196

F

Fármacos 52, 54, 55, 56, 58, 60, 66, 71, 74, 75, 77, 160, 164

Fase sólida 144

Fluorescência 114, 117, 120, 196, 199, 202, 206, 207

Fotocatálise heterogênea 131, 134, 136, 138, 139, 209

Fungos 99, 100, 101, 103, 106, 107

H

Hidroxilas 123

Homeostase 184, 185, 186, 188, 193

I

Impacto ambiental 4, 5, 14, 16, 144

Infravermelho com transformada de Fourier 34, 117

Isomorfos 127

M

Medicamentos 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 157, 158, 168

Meio ambiente 3, 10, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 131, 134

Metais 100, 106, 107, 134, 188, 193

Metodologia 3, 6, 12, 22, 26, 30, 34, 35, 43, 44, 45, 47, 68, 116, 146, 151, 169, 170, 172, 200, 209

Moagem 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133

N

Nanomateriais 52, 53, 54, 55, 59, 60, 112

Nanopartículas 53, 54, 55, 60, 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115

Nanotecnologia 52, 53, 59, 60, 149

O

Óxidos metálicos 131, 134, 139, 198

P

Polimórfica 157, 164, 165, 166

Poluentes 66, 107, 134

Poros 55, 76, 139, 143, 144, 145, 153, 155, 188

Potencial zeta 99, 103, 104, 105

Probióticos 88, 89, 90, 94, 98

Proteínas 58, 94, 95, 100, 104, 106, 107, 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 193, 194

R

Rejeitos 14, 16

Resíduos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 66, 132, 134, 159, 184, 187, 188, 192, 193, 209

S

Saúde 16, 52, 88, 89, 93, 94, 96, 97, 157, 159, 168, 188, 196

Síntese 34, 38, 66, 82, 99, 100, 101, 103, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 130, 131, 159, 196, 199, 200, 202, 208

Sociedade 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 28, 49, 50

Soluto 145, 152

Solvente 26, 32, 115, 144, 145, 160, 192, 199, 200, 201, 202, 205, 206

Superfície 16, 20, 54, 55, 74, 103, 113, 114, 115, 120, 123, 133, 138, 139, 188

T

Técnicas espectroscópicas 161, 196

Tecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 64, 80, 97, 98, 123, 160

Temperaturas 18, 94, 100, 103, 114, 124, 131, 147, 148, 149, 150, 151

Terapêutica 54, 196, 197, 198

Toxicidade 54, 55, 113, 114, 115, 188

Transições eletrônicas 112

Z

Zinco 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 193, 194

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

