

# 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 Cremona

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Alfnas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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](http://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  
Livia Maria Pinto Rodrigues  
Edailson de Alcântara Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.2432122027**

**CAPÍTULO 8..... 99**

**NANOPARTÍCULAS DE COBRE BIODISSIMULADAS 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 HIDROTÉRMICA 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-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>

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**

## INFLUÊNCIA DOS HIDRÓXIDOS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO NA ATIVAÇÃO MECANOQUÍMICA DO SISTEMA $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Data de aceite: 01/02/2021

### Constança Amaro de Azevedo

IPqM, Instituto de Pesquisas da Marinha  
Grupo de Tecnologia de Materiais  
Rio de Janeiro – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/4976867940270274>

### Francisco Manoel dos Santos Garrido

IQ/UFRJ, Instituto de Química  
Departamento de Química Inorgânica, UFRJ  
Rio de Janeiro – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/5214082033930994>

### Jairo Moura de Melo

IPqM, Instituto de Pesquisas da Marinha  
Grupo de Tecnologia de Materiais  
Rio de Janeiro – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/7852468406462664>

### Marta Eloísa Medeiros

IQ/UFRJ, Instituto de Química  
Departamento de Química Inorgânica, UFRJ  
Rio de Janeiro – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/5269536079972055>

**RESUMO:** Em estudos anteriores sobre ativação mecanoquímica do sistema  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  em um moinho de bolas de baixa energia e com velocidade constante de 100 rpm, observou-se que a presença de hidroxilas na superfície do precursor de Sílica ( $\text{HF}_{254}$  tipo 60 Merck) e a introdução de água ao meio de moagem, resultou na formação do hidróxido de magnésio ( $\text{Mg(OH)}_2$ ) no meio reacional, o que levou à formação de uma maior quantidade de  $\alpha$ -cordierita ( $\alpha\text{-Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ )

em posterior tratamento térmico a 1.250°C [1-3]. Continuando essa investigação, neste trabalho, foram utilizados três grupos diferentes de precursores de Mg e Al, os quais foram ativados mecanoquimicamente. O precursor de Si foi mantido o mesmo em todas as moagens.

**Grupo I:**  $\text{MgO} + \text{Al(OH)}_3$

**Grupo II:**  $\text{Mg(OH)}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$

**Grupo III:**  $\text{Mg(OH)}_2 + \text{Al(OH)}_3$

Outro objetivo deste trabalho foi o de investigar a influência do tipo de elemento de moagem no processo de ativação mecanoquímica. Para tanto, foram realizados experimentos utilizando dois diferentes tipos de elementos de moagem. No primeiro conjunto de experimentos foram utilizados cilindros (1 cm de comprimento x 1 cm de diâmetro) de zircônia estabilizada ( $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ ). No segundo conjunto de experimentos, foram utilizadas microesferas (2 mm de diâmetro) de zircônia estabilizada ( $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ ). Para os dois conjuntos de experimentos, foram utilizados os mesmos grupos de reagentes precursores descritos anteriormente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ativação mecanoquímica,  $\alpha$ -cordierita, meio aquoso.

### INFLUENCE OF MAGNESIUM AND ALUMINIUM HYDROXIDES ON THE MECANO-CHEMICAL ACTIVATION OF $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ SYSTEM

**ABSTRACT:** In previous studies on mechanochemical activation of the  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  system, in a low energy ball mill with a constant speed of 100 rpm, it was observed that the presence of hydroxyls on the surface of the silica precursor ( $\text{HF}_{254}$  type 60 Merck) and



the introduction of water to the grinding medium resulted in the formation of magnesium hydroxide ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) in the reaction medium, which led to the formation of a greater amount of  $\alpha$ -cordierite ( $\alpha\text{-Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ ) in a subsequent heat treatment at  $1,250^\circ\text{C}$  [1-3]. Continuing this investigation, in this work, three different groups of Mg and Al precursors were used, which were mechanically activated. The precursor of Si was kept the same in all mills.

**I Group:**  $\text{MgO} + \text{Al}(\text{OH})_3$

**II Group:**  $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$

**III Group:**  $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Al}(\text{OH})_3$

Another objective of this work was to investigate the influence of the type of grinding element in the process of mechanochemical activation. For this purpose experiments were carried out using two different types of grinding elements, in the first set of experiments zirconia stabilized ( $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ ) cylinders (1 cm long x 1 cm in diameter) were used, in the second set of experiments zirconia stabilized ( $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ ) microspheres (2 mm in diameter) were used. The same groups of precursors described above were used for the two sets of experiments.

**KEYWORDS:** Mechanochemical activation,  $\alpha$ -cordierite, aqueous medium.

## 1 | INTRODUÇÃO

No sistema ternário  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ , a  $\alpha$ -cordierita ( $\alpha\text{-Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ ) é uma das fases mais importantes e considerada um dos materiais cerâmicos mais atrativos para a preparação de cerâmicas avançadas [1-6].

A rota mais comum para a obtenção desse material é a reação no estado sólido, porém em temperaturas maiores que  $1.300^\circ\text{C}$  [5-8] próximas do seu ponto de fusão, o que dificulta a sua obtenção.

A ativação mecanoquímica na área de materiais é uma técnica de tratamento dos precursores de um sistema reacional, onde a moagem em regime de impacto-atrito é utilizada [1-4]. Além da cominuição, há a formação de defeitos cristalinos. A transferência de energia para o material sólido depende do número de choques dos elementos de moagem com a mistura de precursores. Está ligada, então, à velocidade do moinho, à forma geométrica e tamanho do elemento de moagem, ao tempo de moagem e à relação massa de sólidos/massa dos elementos de moagem [1-6,9,10].

A introdução desta etapa de ativação mecanoquímica, no processo de obtenção do material cerâmico, possibilita a formação de compostos intermediários ao produto final, durante a moagem, sendo que, a formação desses compostos está relacionada aos compostos precursores presentes na mistura reacional inicial [1-3].

Esses fatores, ligados à etapa da moagem, tornam possível a diminuição da temperatura do tratamento térmico posterior para a obtenção do produto final.

No caso da  $\alpha$ -cordierita ( $\alpha\text{-Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ ), trabalhos anteriores apontam para a redução da temperatura dessa fase, tornando possível sua obtenção em temperaturas em torno de  $1.250^\circ\text{C}$  [1-3]. O objetivo deste trabalho é o de avaliar a influência de diferentes precursores de magnésio e alumínio no processo de formação das fases intermediárias, assim como,

verificar o efeito do elemento de moagem no processo de ativação mecanoquímica.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

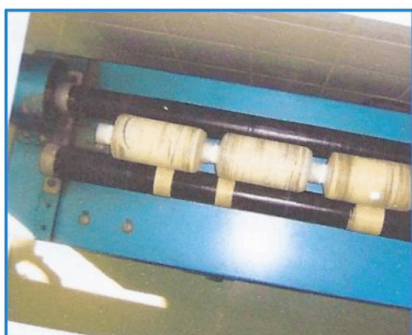
### 2.1 Precursores

Misturas dos precursores de Mg, Al e Si, em quantidades estequiométricas em relação à  $\alpha$ -cordierita ( $\alpha$ - $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$ ), foram utilizadas neste estudo. Os reagentes foram utilizados como o retirado do frasco e suas purezas foram levadas em conta nos cálculos.

- Como precursor de Silício, foi utilizada a sílica-gel HF<sub>254</sub> tipo 60 (MERCK);
- Como precursores do Magnésio, foram utilizados o óxido de magnésio (MgO) da MERCK e o hidróxido de magnésio (Mg(OH)<sub>2</sub>) da SIGMA-ALDRICH;
- Como precursores do Alumínio, foram utilizados o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) da MERCK e o hidróxido de alumínio (Al(OH)<sub>3</sub>) da SIGMA-ALDRICH.

### 2.2 Condições de moagem

Com base em estudos anteriores, todas as moagens dos diferentes grupos de precursores foram realizadas por 72 h em água destilada e deionizada. A relação massa da mistura de reagentes/massa de elementos de moagem (M/C) utilizada foi igual a 1/100. Na figura 1, apresentamos o moinho usado neste estudo.



A



B

Figura 1. Moinho de bolas de baixa energia usado no estudo – U.S.Stoneware. A) vista de cima e B) vista de frente.

No primeiro conjunto de experimentos (fase I), foram usados como elementos de moagem os cilindros de zircônia. No segundo conjunto de experimentos (fase II), foram utilizadas microesferas de zircônia como elementos de moagem. Nos dois conjuntos de

experimentos se fez o uso do mesmo tempo de moagem (72 h) e do mesmo fator M/C (1/100).

### 2.3 Análise do material sólido obtido após a ativação mecanoquímica

Os pós obtidos na ativação mecanoquímica, após filtragem e secagem a 120°C ao ar [4] foram analisados por:

- Difração de raios X no difratômetro Shimadzu DRX 6000. As condições de operação do equipamento foram as seguintes: radiação CuK $\alpha$ , 40 Kv, 30 mA, 2 $\theta$  de 5 a 80°,
- Espectros de absorção no infravermelho foram obtidos num espectrômetro Nicolet IS10, na região de 400 - 4.000 cm<sup>-1</sup>, resolução de 4 cm<sup>-1</sup>, usando-se a técnica da pastilha de KBr.
- Análise térmica no equipamento Shimadzu DTG-60H com varredura da temperatura ambiente até 1.400°C, vazão de N<sub>2</sub> igual a 50 mL/min e duas diferentes taxas de aquecimento – 10°C/min ou 30°C/min.

### 2.4 Compostos formados

#### a) Fase I:

Na fase I, os elementos de moagem utilizados foram os cilindros de zircônia estabilizada com ítria (ZrO<sub>2</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). A tabela 1 resume os compostos cristalinos presentes nas amostras após ativação mecanoquímica e detectados na análise por difração de raio X. Na figura 2, apresentamos os difratogramas das amostras Aq16, Bq16 e Cq16.

SISTEMA	GRUPO de PRECURSORES de Mg e Al	PRECURSORES	AMOSTRAS	COMPOSTOS
MgO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	I	MgO, Al(OH) <sub>3</sub>	Aq16	enstatita, Mg <sub>2</sub> Al(OH) <sub>7</sub>
	II	Mg(OH) <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bq16	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , clinoenstatita
	III	Mg(OH) <sub>2</sub> , Al(OH) <sub>3</sub>	Cq16	clinoenstatita, enstatita

Tabela 1 – Compostos formados na ativação mecanoquímica, fase I.

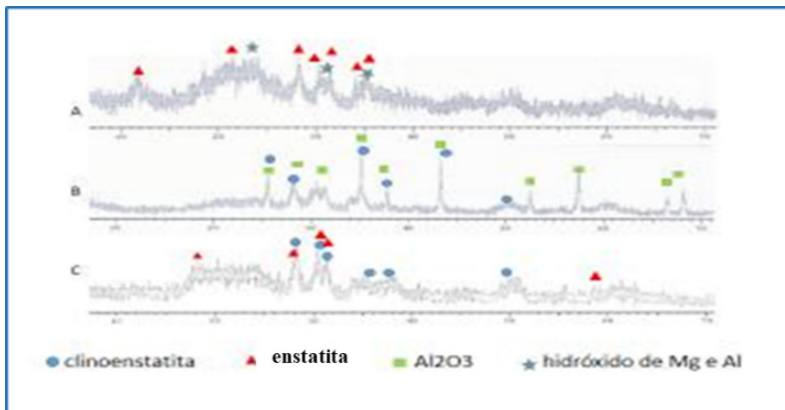


Figura 2 – Difratogramas das amostras mecanoquimicamente ativadas na fase I por 72h (M/C = 1/100) e secas ao ar a 120°C, a) Aq16, b) Bq16 e c) Cq16.

As fases cristalinas enstatita (sistema cristalino ortorrômbico) e a clinoenstatita (sistema cristalino monoclinico) são isomorfos de fórmula química  $MgSiO_3$ . A formação destas fases indica que a ativação mecanoquímica promove a reação entre o precursor de silício e os diferentes tipos de precursores do magnésio utilizados, em todos os experimentos que utilizaram como elemento de moagem os cilindros de zircônia estabilizada com ítria.

### b) Fase II:

Na fase II, os cilindros de zircônia foram substituídos por microesferas de zircônia estabilizada ( $ZrO_2/Y_2O_3$ ) com 2 mm de diâmetro. Na tabela 2, estão resumidos os compostos cristalinos presentes nas amostras após ativação mecanoquímica, para este conjunto de experimentos, os quais foram detectados na análise por difração de raios X. Para comparação, os resultados obtidos no conjunto de experimentos da fase I também são apresentados.

SISTEMA	GRUPO de PRECURSORES de Mg e Al	PRECURSORES	FASE	AMOSTRAS	COMPOSTOS
MgO- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	I	MgO, Al(OH) <sub>3</sub>	I	Aq16	enstatita, Mg <sub>2</sub> Al(OH) <sub>7</sub>
			II	Aq16M	material amorfo
	II	Mg(OH) <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	I	Bq16	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , clinoenstatita
			II	Bq16M	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	III	Mg(OH) <sub>2</sub> , Al(OH) <sub>3</sub>	I	Cq16	clinoenstatita, enstatita
			II	Cq16M	Mg <sub>2</sub> Al(OH) <sub>7</sub> , Mg <sub>4</sub> Al <sub>12</sub> (OH) <sub>14</sub> ·3H <sub>2</sub> O

Tabela 2 – Compostos formados na ativação mecanoquímica, fases I e II.

Como o mencionado anteriormente, a enstatita e a clinoenstatita são polimorfos ( $\text{MgSiO}_3$ ). Estas fases se formam a partir de uma reação do precursor de magnésio com a sílica, durante a moagem.

Com a utilização do hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), que apresenta dureza menor que a do óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), observa-se que o precursor de alumínio também é ativado, formando novas fases que são resultado da reação com o precursor de magnésio e que foram identificadas como hidróxidos mistos de Mg e Al [11,12].

Para demonstrar a influência que a substituição dos elementos de moagem desempenha na ativação mecanoquímica, foram realizadas análises térmicas (DTA) das amostras Aq16 e Aq16M (grupo I), as quais são apresentadas na figura 3. Pode-se notar, que os fenômenos exotérmicos assinalados sofrem uma diminuição da temperatura em que ocorrem, passando de  $1.250^\circ\text{C}$  para  $1.020^\circ\text{C}$  e de  $1.325^\circ\text{C}$  para  $1.210^\circ\text{C}$ , quando é feita a comparação das amostras Aq16 e Aq16M. De acordo com a literatura [6], estes eventos térmicos são atribuídos à cristalização da cordierita, indicando a formação das fases m-cordierita e da a-cordierita, respectivamente. Esta significativa diminuição da temperatura, desses dois eventos, é uma forte evidência da maior ativação mecanoquímica da amostra Aq16M.

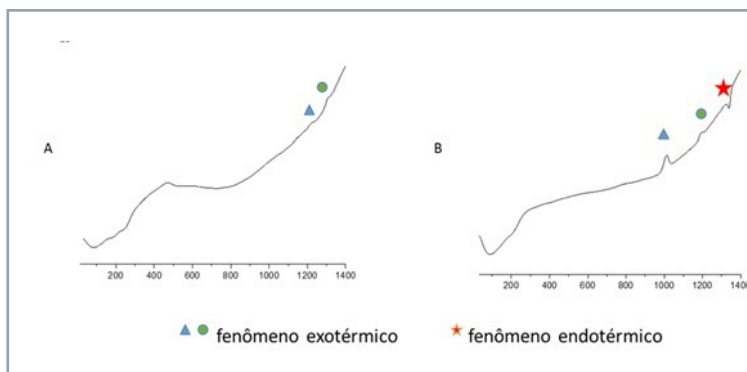


Figura 3 – DTA das amostras a) Aq16 e b) Aq16M com taxa de aquecimento de  $30^\circ\text{C}/\text{min}$ .

Na amostra Aq16M, resultados preliminares de difração de raios X (DRX) e espectroscopia de absorção no infravermelho (IV), indicam a presença de hidróxido duplo de Mg e Al. Cabe ressaltar, que os espectros de IV indicam que as bandas relacionadas a vibrações das ligações Si-O (bandas na região entre  $1.000$  e  $1.200\text{ cm}^{-1}$ ) foram significativamente modificadas, o que confirma a intensa ativação mecanoquímica observada nesta amostra [1-3,7-10].

## 3 I CONCLUSÕES

Do que foi exposto, podemos concluir:

- A  $\alpha$ -alumina ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) com dureza semelhante a da zircônia, não foi ativada de forma significativa;
- Quando foi utilizado o hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), que apresenta dureza menor que a da zircônia, este sofre ativação, resultando na formação de hidróxidos mistos de magnésio (Mg) e alumínio (Al);
- Tanto o óxido de magnésio (MgO) como o hidróxido de magnésio ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) dão origem a uma solução sólida do magnésio na sílica, formando silicatos de magnésio (enstatita e clinoenstatita) durante a ativação mecanoquímica;
- A utilização das microesferas de zircônia estabilizada ( $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ ) promove um maior grau de ativação mecanoquímica do sistema, o que resulta na amorfização dos compostos formados;
- Tanto a presença dos hidróxidos quanto a utilização das microesferas, de zircônia estabilizada ( $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ ), influenciam de forma significativa a ativação mecanoquímica do sistema  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ .

## REFERÊNCIAS

[1] D'Azevedo, C.A.; Garrido, F.M.S.; Medeiros, M.E.. **The effect of mechanochemical activation on the reactivity in the  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  system**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v.83(3), p.649-655, 2.006.

[2] De Azevedo, C.A.. **Estudo da ativação mecanoquímica do sistema  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$** . Tese Dsc., DQI/IQ/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2.007.

[3] D'Azevedo, C.A.; Garrido, F.M.S.; Medeiros, M.E.. **Efeito do precursor de  $\text{SiO}_2$  e da ativação mecanoquímica na reatividade do sistema  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$** . In Anais do V Encontro Técnico de Materiais e Química – IPQM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2.008. DOI: 10.13140/22.1.1998.2404.

[4] Kong, L.B.; Xiao, Z.; Li, X.; Yu, S.; Que, W.; Liu, Y.; Zhang, T.; Zhou, K.; Zhang, H.. **Principles of mechanochemical activation**. In Functional Ceramics Through Mechanochemical Activation, IOP Publishing, 2019.

[5] Nath, S.K.; Kumar, S.; Kumar, R.. **Mechanochemical activation on cordierite synthesis through solid state method**. Bulletin of Materials Science, v.37(6), p.1.221-1.226, 2.014.

[6] Obradovic', N.; Đorđević', N.; Filipović', S.; Marković', S.; Kosanović', D.; Mitrić', M.; Pavlović', V.. **Reaction kinetics of mechanically activated cordierite-based ceramics studies via DTA**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v.124(2), p.667-673,2.016.

[7] Parlak, T.T.; Demirkiran, A.S.. **Zeolite usage as source of silica to produce cordierite in  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  system**. Journal of Advanced Ceramics, v.7(4), p.370-379, 2.018.

- [8] Redaoui, D.; Sahnoune, F.; Heraiz, M.; Saheb, N.. **Phase formation and crystallization kinetics in cordierite ceramics prepared from kaolinite and magnesia**. *Ceramics International*, v.44(4), p.3.649-3.657, 2.018.
- [9] Silva, A.A.S.; Medeiros, M.E.; Sampaio, J.A.; Garrido, F.M.S.. **Verdete de Cedro do Abaeté como fonte de potássio: caracterização, tratamento térmico e reação com CaO**. *Matéria* (Rio de Janeiro), 17(3), 1061-1073, 2.012.
- [10] Silva, F.A.N.G.; Barbato, C.N.; Santos, R.D.; Almeida, D.S.G.; Sampaio, J.A.; Medeiros, M.E.; Garrido, F.M.S.. **Mechanochemical activation of bauxite**. In: Suarez C.E. (eds) *Light Metals 2012*. Springer, 27-32, 2012.
- [11] Santos, R.M.M.. **Materiais derivados de hidróxidos duplos lamelares: síntese, caracterização, e aplicação em adsorção e processos avançados de oxidação**. *Dissertação Msc.*, IQ/UNESP, Araraquara, SP, Brasil, 2.016.
- [12] Vieira, A.C.. **Síntese, caracterização e aplicação de hidróxidos duplos lamelares**. *Dissertação Msc. em Engenharia Ambiental*, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil, 2.009.

## 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](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 @atenaeditora
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

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

