

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

**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<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 Alfenas

### **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. Alexandro 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. Liliansi 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

**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 2 / 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 978-65-5706-822-9

DOI 10.22533/at.ed.229211202

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

## 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” é constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos que abordam as diferentes áreas da química de forma intra e interdisciplinar, objetivando-se à melhoria da qualidade de vida. Esta coleção trouxe trabalhos que proporcionaram: (i) avaliar as propriedades químicas, físicas e biológicas de óleos essenciais, aromáticos e ácidos graxos extraídos de diferentes partes de plantas (folhas, cascas, tronco e caule) utilizadas na alimentação e que devido a suas propriedades nutricionais, aromáticas e terapêuticas constitui-se em uma área de extrema importância – a Química de produtos naturais; (ii) a eletroanalítica vem se desenvolvendo e aprimorando sensores (dispositivos) com propriedades para: monitorar e detectar substâncias em tempo real, com baixo custo operacional, fácil operação e com ampla aplicação (em especial, detecção e quantificação de contaminantes de interesse emergente em matrizes aquosas); (iii) aplicação de figuras de mérito em técnicas analíticas visando atestar a qualidade de alimentos; e (iv) princípios e contribuições do método QuEChERS e das técnicas de cromatográficas para o estabelecimento dos princípios norteadores da Química Verde em análises químicas; (v) a importância do monitoramento e detecção de metais tóxicos ou potencialmente tóxicos presentes em água e alimentos; (vi) aplicação de processos distintos de tratamento (osmose reversa e processos oxidativos avançados) para remoção de poluentes (corantes e fármacos) em águas de superfície, com o intuito de remover substâncias capazes de desencadear efeitos deletérios a biota aquática e seus organismos.

Neste contexto, a Atena Editora reuniu trabalhos selecionados por membros do corpo editorial que pudesse apresentar temas atuais e em constante discussão, reunindo na forma do E-book: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, neste volume II.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **DETERMINAÇÃO DO PERFIL INORGÂNICO DE CHÁS DERIVADOS DA CAMELLIA SINENSIS**

Ana Flávia Loureiro Martins Nascimento

Carlos Guilherme Tissi Batista

Cibele Maria Stivanin de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.2292112021**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **INFLUÊNCIA DA IDADE, HABITAT E TÉCNICA DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Psidium myrtoides* O. Berg**

Alline Laiane Borges Dias

Cassia Cristina Fernandes

Mayker Lazaro Dantas Miranda

**DOI 10.22533/at.ed.2292112022**

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA CANELA EM CASCA EM SISTEMAS AQUOSOS E ORGÂNICOS VISANDO A OBTENÇÃO DE CINAMALDEÍDO**

Adriana da Veiga Torres

Juliana Baptista Simões

**DOI 10.22533/at.ed.2292112023**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **ÁCIDOS GRAXOS VEGETAIS: COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE BIOLÓGICA E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO**

Luana Cristina Diniz Santos

Luciana Alves Rodrigues dos Santos Lima

Ana Hortência Fonseca Castro

**DOI 10.22533/at.ed.2292112024**

### **CAPÍTULO 5..... 43**

#### **SÍNTESE ELETROQUÍMICA DE ELETRODOS DE CARBONO VÍTREO MODIFICADO COM FILMES DE HEXACIANOFERRATO DE METAIS E ATIVIDADE PARA DETECÇÃO DE COMPOSTOS SULFURADOS**

Maria de Lourdes Soprani Vasconcellos

Edervaldo Buffon

Demetrius Profeti

Luciene de Paula Roberto Profeti

**DOI 10.22533/at.ed.2292112025**

### **CAPÍTULO 6..... 56**

#### **LÍQUIDO IÔNICO PRÓTICO PARA A CONSTRUÇÃO DE SENSOR ELETROQUÍMICO APLICADO NA DETECÇÃO DE PESTICIDA**

José Fernando de Macedo

Anderson Alex Conceição Alves

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna  
Michael Douglas Santos Monteiro  
José Carlos dos Santos Junior  
Jonatas de Oliveira Souza Silva  
José Felipe dos Santos  
Pedro Rafael da Cruz Almeida  
Frederico Guilherme de Carvalho Cunha  
Eliana Midori Sussuchi

**DOI 10.22533/at.ed.2292112026**

**CAPÍTULO 7..... 72**

**DETECÇÃO DE CIPROFLOXACINA APLICANDO UM SENSOR ELETROQUÍMICO À BASE DE DERIVADO DO GRAFENO E LÍQUIDO IÔNICO**

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

**DOI 10.22533/at.ed.2292112027**

**CAPÍTULO 8..... 85**

**BIOCARVÃO ATIVADO E ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO APLICADOS EM SENSOR ELETROQUÍMICO PARA A DETERMINAÇÃO DE PARAQUATE**

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna  
Ava Gevaerd  
Jonatas de Oliveira Souza Silva  
Lucas dos Santos Lima  
José Fernando de Macedo  
Michael Douglas Santos Monteiro  
Alberto Wisniewski Jr  
Márcio Fernando Bergamini  
Eliana Midori Sussuchi

**DOI 10.22533/at.ed.2292112028**

**CAPÍTULO 9..... 99**

**PREPARAÇÃO ELETROQUÍMICA DE NANOBASTÕES DE Co-Ni POR MEMBRANAS DE POLICARBONATO**

Bruna Maria Rodrigues Gonçalves  
Elton Patrick Barbano

**DOI 10.22533/at.ed.2292112029**

**CAPÍTULO 10..... 112**

**PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO ELETROQUÍMICA E APLICAÇÃO DE ELETRODOS**

## MODIFICADOS COM FILMES HÍBRIDOS DE HEXACIANO FERRATO DE METAIS

Edervaldo Buffon

Maria de Lourdes Soprani Vasconcellos

Demetrius Profeti

Luciene de Paula Roberto Profeti

**DOI 10.22533/at.ed.22921120210**

### **CAPÍTULO 11..... 128**

#### **EFEITO DE MATRIZ E FIGURAS DE MÉRITO NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS EM QUEIJO DE MINAS ARTESANAL POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA DE CHAMA**

Emanueli do Nascimento da Silva

Tercio Paulo Felix Xisto

Ana Carolina Ferreira Castelo Borges

Emylle Emediato Santos

Roberta Eliane Santos Froes

**DOI 10.22533/at.ed.22921120211**

### **CAPÍTULO 12..... 140**

#### **CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO QuEChERS E DAS TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS PARA CONSOLIDAR OS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE EM ANÁLISES QUÍMICAS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**DOI 10.22533/at.ed.22921120212**

### **CAPÍTULO 13..... 153**

#### **BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS TRAÇOS ESSENCIAIS E POTENCIALMENTE TÓXICOS**

Wagna Piler Carvalho dos Santos

Rita Maria Weste Nano

Daniele Cristina Muniz Batista dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.22921120213**

### **CAPÍTULO 14..... 167**

#### **METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E SEUS IMPACTOS NA ÁGUA E NOS ALIMENTOS: UM OLHAR PARA A LITERATURA**

Geilson Rodrigues da Silva

Hygor Rodrigues de Oliveira

João Vítor de Andrade dos Santos

Jussara de Oliveira Ferreira

Daniely Alves de Souza

Angela Kwiatkowski

Ramon Santos de Minas

Mariana Messias Soares

Mariane Ocanha

**DOI 10.22533/at.ed.22921120214**

### **CAPÍTULO 15..... 178**

#### **SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE OSMOSE DIRETA: ALTERAÇÃO DA COR E**

**CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE UMA SOLUÇÃO DE CORANTE UTILIZANDO-SE UMA MEMBRANA PERMEÁVEL DE ACETATO DE CELULOSE**

Ani Caroline Weber  
Sabrina Grando Cordeiro  
Bruna Costa  
Aline Botassoli Dalcorso  
Gabriela Vettorello  
Aline Viana  
Elisete Maria de Freitas  
Eduardo Miranda Ethur  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.22921120215**

**CAPÍTULO 16..... 184**

**COMPARAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS POR PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Ivo Amildon Ricardo  
Eduardo Oliveira Marson  
Vinicius Alexandre Borges de Paiva  
Alam Gustavo Trovó

**DOI 10.22533/at.ed.22921120216**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 198**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 199**

## EFEITO DE MATRIZ E FIGURAS DE MÉRITO NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS EM QUEIJO DE MINAS ARTESANAL POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA DE CHAMA

*Data de aceite:* 01/02/2021

*Data de submissão:* 04/11/2020

### **Emanuelli do Nascimento da Silva**

Departamento de Química - DEQUI, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Ouro Preto – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/8251783028314240>

### **Tercio Paulo Felix Xisto**

Departamento de Química - DEQUI, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Ouro Preto – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/8528507408272581>

### **Ana Carolina Ferreira Castelo Borges**

Escola de Farmácia - EFAR, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Ouro Preto – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0003-0455-9250>

### **Emylle Emediato Santos**

Departamento de Química - DEQUI, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Ouro Preto – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/2081664288577129>

### **Roberta Eliane Santos Froes**

Departamento de Química - DEQUI, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Ouro Preto – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1661801295817869>

**RESUMO:** No presente estudo foi otimizado, por meio de um planejamento experimental 2<sup>4</sup>, um método de preparo de amostras de Queijo Minas Artesanal em meio alcalino empregando hidróxido de tetrametilamônio (TMAH), visando a quantificação de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn por Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (F AAS). Para as análises, foram avaliadas curvas de calibração externa e por ajuste de matriz. Adicionalmente, para avaliar o efeito de matriz nas determinações, as sensibilidades das curvas foram comparadas. Os resultados mostraram que para Cu, Fe e Zn existe um efeito de matriz significativo, pois as inclinações diferem mais que 10% entre as curvas. No entanto, é possível determinar esses elementos com precisão se a curva por ajuste de matriz for utilizada. Por fim, para Mn e Mg, a variação foi inferior a 10%, sendo possível utilizar uma curva de calibração externa para analisar as amostras de queijo. Finalmente, a precisão e exatidão dos métodos foram avaliadas usando um material de referência certificado e testes de adição e recuperação. Foram obtidas recuperações entre 86 e 110% e desvios relativos abaixo de 4%, indicando que os métodos apresentaram exatidão e precisão adequadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Queijo Minas Artesanal; Preparo de amostras; TMAH; Curva por ajuste de matriz; F AAS.

# MATRIX EFFECT AND FIGURES OF MERIT ON THE DETERMINATION OF METALLIC ELEMENTS IN ARTISANAL MINAS CHEESE BY FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY

**ABSTRACT:** In the present study it was optimized a method (with a 2<sup>4</sup> experimental design) of preparing Artisanal Minas Cheese samples in alkaline medium using tetramethylammonium hydroxide (TMAH), aiming the quantification of Cu, Fe, Mg, Mn and Zn by F AAS. For the analysis, the external and matrix-matched calibration methods were evaluated. Additionally, to evaluate the matrix effect on the determinations, the slopes of the curves were compared. The results showed that for Cu, Fe, and Zn there is a significant matrix effect because the slopes are more than 10% different among the curves. However, it is possible to determine these elements if the matrix-matched calibration method is used. Finally, for Mn and Mg, the variation was lower than 10%, then it is possible to use an external calibration method to analyze the cheese samples. Finally, the precision and accuracy of the methods were assessed using a certified reference material and addition and recovery tests. Recoveries between 86 and 110% and relative deviations below 4% were obtained, indicating that the methods showed adequate accuracy and precision.

**KEYWORDS:** Artisanal Minas Cheese; Sample preparation; TMAH; Matrix-matched calibration method; F AAS.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, as pessoas vêm buscando uma alimentação mais equilibrada e com baixo consumo de calorias, sendo assim, leite e seus derivados vêm ganhando papel de destaque devido ao seu alto valor nutritivo e proteico. O queijo, por exemplo, é basicamente uma fonte concentrada de nutrientes presentes no leite do qual ele é feito (Lante et al., 2006; Mendil et al., 2006). Sendo assim, além de ser uma boa fonte de cálcio, o queijo também contém outros minerais em quantidades apreciáveis, contribuindo significativamente para a ingestão diária recomendada para alguns elementos (Kira et al., 2007).

Cresce cada vez mais a produção, a comercialização e a internacionalização do Queijo Minas Artesanal. Em 2017, o estado de Minas Gerais ganhou 12 medalhas no Salão Internacional do Queijo da França, dentre elas medalhas de ouro e superouro para os queijos de um mesmo produtor da região de Araxá (Jornal o Tempo, 2017). No estado de Minas Gerais, existem sete regiões produtoras de Queijo Minas Artesanal certificadas pela Federação da Agricultura do Estado de Minas Gerais (FAEMG), com reconhecimento de identidade regional e que pratica o modo artesanal de fazer o queijo registrado como patrimônio cultural do Brasil pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 2014). As principais microrregiões são as do Serro, Campo das Vertentes, Canastra, Araxá, Salitre, Triângulo e Cerrado. Ademais, produtores de outras regiões vêm solicitando o reconhecimento de identidade regional (ou indicação geográfica). Devido à padronização no modo de preparo do Queijo Minas Artesanal, uma das possíveis causas para a diferença entre a composição química desses queijos pode estar correlacionada à

região produtora, e a influência das condições minerais do solo, raça e saúde do animal leiteiro podem ser fatores relevantes na composição dos queijos (Bakircioglu et al., 2011)

Devido ao alto consumo desse alimento pela população brasileira, uma maior exigência é necessária considerando o controle alimentar, devendo ser monitoradas as quantidades de proteínas, calorias, vitaminas, nutrientes minerais, bem como elementos e compostos tóxicos. Deficiências nutricionais na alimentação, bem como a ingestão de substâncias tóxicas em altas concentrações têm enormes custos sociais e acarretam na diminuição do potencial humano, o que demanda altos investimentos em saúde (Santos et al, 2004; Ljung et al., 2011). Por isso, o presente estudo iniciou-se com o objetivo da obtenção de um método analítico simples para determinação da concentração de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em Queijo Minas Artesanal. Para isso, foi feita a avaliação de um método de preparo das amostras de queijo por meio da dissolução em meio alcalino, visando a determinação dos elementos metálicos por Espectrometria de Absorção Atômica.

Um reagente alcalino interessante e que foi utilizado é o hidróxido de tetrametilamônio (TMAH), o qual tem sido bastante utilizado para solubilização total ou parcial de diferentes amostras (Katrin et al., 2014; Aranha et al., 2016; laquinta et al., 2020). O TMAH promove a solubilização da amostra com consequente extração de elementos metálicos de matrizes contendo alto teor de proteína, como é o caso do queijo. Esse reagente é capaz de quebrar ligações químicas de dissulfeto em proteínas, além de ser capaz de causar cisão hidrolítica e metilação de ésteres, amidas e éteres (Nóbrega et al., 2006). No entanto, esse tipo de preparo não promove a completa mineralização da amostra, deixando em solução (ou em suspensão) muitas moléculas que podem levar a um efeito de matriz nas análises. Por isso, torna-se necessária a investigação da existência de possíveis efeitos de matriz quando esse tipo de preparo de amostra é utilizado.

A avaliação do efeito de matriz em Espectrometria de Absorção Atômica é um parâmetro de validação com o objetivo de avaliar se os componentes da matriz e/ou resultantes do processo de preparo da amostra interferem no sinal analítico, podendo essas interferências aumentar ou diminuir a resposta fornecida pelos instrumentos de medida (Goulart et al., 2012). Considerando medidas em F AAS, por exemplo, co-extrativos e outros componentes que permanecem na solução (ou suspensão) obtida no preparo da amostra podem interferir na formação do aerossol durante a etapa de nebulização, levando a formação de gotículas de tamanhos diferentes daquelas formadas com soluções padrão diluídas apenas em água ou em outros solventes, promovendo assim, o efeito de matriz (AOAC, 1998). Desta maneira, muitas vezes, estratégias de calibração em meios contendo a matriz devem ser utilizadas, visando minimizar os efeitos causados pela matriz, pois nesse tipo de calibração, o diluente utilizado reflete a complexidade da matriz de interesse. Dentre as estratégias estão as medidas feitas utilizando-se curvas de adição de padrão ou por ajuste de matriz.

Uma maneira de se investigar as interferências de matriz e determinar a necessidade

de utilização de curvas de adição de padrão ou por ajuste de matriz é pela comparação dos coeficientes angulares de curvas de calibração analítica construídas no solvente e no extrato branco da matriz original (Hibbert, 2007; do Nascimento da Silva et al., 2013; ANVISA, 2017; de Oliveira et al., 2017). Se verifica-se a existência do efeito de matriz, recomenda-se proceder com as determinações analíticas utilizando-se curvas de adição de padrão ou por ajuste de matriz. A curva por ajuste de matriz pode ser feita utilizando-se um diluente com características próximas as da matriz da amostra, ou utilizando-se uma outra amostra com complexidade equivalente como diluente para os padrões. Ainda, a curva pode ser até mesmo preparada em um pool obtido por meio da mistura das soluções ou suspensões obtidas no preparo de diferentes amostras de um mesmo tipo. É importante ressaltar que o tipo de material usado para a calibração deve ser escolhido com base na praticidade (Pino et al., 2020).

Considerando a problemática supracitada, no presente trabalho foi feita a avaliação do efeito de matriz causado na determinação de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn por F AAS pela análise direta da suspensão obtida a partir da solubilização das amostras de queijo com TMAH. Além disso, foi avaliada a possibilidade do emprego de curvas por ajuste de matriz feitas utilizando-se um pool das suspensões obtidas no preparo de diferentes amostras de queijo. Para isso, foram avaliadas figuras de mérito como limites de detecção e quantificação, linearidade, exatidão e precisão dos métodos de calibração escolhidos para cada elemento.

## **2 | MATERIAS E MÉTODOS**

### **2.1 Instrumentação**

Para a solubilização das amostras de queijo, foi utilizado o fenômeno da cavitação acústica gerada durante o processo da sonicação das amostras em meio aquoso contendo TMAH. O processo de sonicação foi feito utilizando-se um banho de ultrassom, Elmasonic EASY 30H, Elma. Para as análises das amostras visando a determinação da concentração de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn, utilizou-se um espectrômetro de absorção atômica em chama, SpectrAA 50B, Varian.

### **2.2 Preparo das amostras**

O método de preparo das amostras foi avaliado a partir de um planejamento experimental<sup>24</sup>, contendo 16 ensaios. O intuito de se conduzir um planejamento experimental foi de se encontrar as melhores condições para o preparo da amostra, avaliando diferentes variáveis ao mesmo tempo. Cada ensaio do planejamento foi conduzido em duplicata, e as variáveis (fatores) estudadas foram: massa de queijo (2,0000 e 1,0000 g); volume de TMAH 25% m/m (0,5 e 1,0 mL); tempo de sonicação (30 e 60 min); e a temperatura do banho de ultrassom (20 e 60 °C). A resposta avaliada foi a quantidade de Zn extraído por g da amostra.

Os ensaios foram conduzidos em tubos de centrífuga de 50 mL, os quais foram utilizados para a pesagem das amostras de queijo, sobre as quais, antes da adição de TMAH, foram adicionados 5 mL de água deionizada. Por fim, após a adição do TMAH, o volume foi levado a 10 mL com água deionizada, o conteúdo foi homogeneizado com agitação manual e o tubo levado para o banho de ultrassom. O software Statistica® foi utilizado para gerar o planejamento, bem como para calcular os efeitos das variáveis estudadas, e possíveis efeitos de interação entre as variáveis.

### 2.3 Efeito de matriz

Visando a obtenção de um método simples e rápido para determinação da concentração dos analitos, sem que seja necessária a mineralização ácida em sistema aberto ou em sistema fechado utilizando-se radiação de micro-ondas, foi avaliada a possibilidade da determinação da concentração dos elementos de interesse com a análise direta da suspensão obtida a partir do preparo das amostras de queijo com TMAH e banho de ultrassom (com maior ou menor diluição, dependendo do analito). Para isso, avaliou-se o possível efeito de matriz ocasionado pela análise da suspensão comparando-se os coeficientes angulares (sensibilidades) para os diferentes métodos de calibração utilizados (curvas de calibração externa e por ajuste de matriz). A magnitude e a direção dos efeitos de matriz foram calculadas como uma mudança percentual na sensibilidade das curvas externa e por ajuste de matriz para cada analito, aqui chamada de coeficiente de variação (CV).

$$CV = \frac{\alpha_{\text{curva por ajuste de matriz}} - \alpha_{\text{curva externa}}}{\alpha_{\text{curva externa}}} \times 100$$

onde  $\alpha$  é o coeficiente angular de cada curva analítica de calibração. Quando os coeficientes angulares diferiram mais que  $\pm 10\%$ , considerou-se que o efeito de matriz foi significativo (do Nascimento da Silva et al., 2013, Jiao and Olesik; 2020). A curva de calibração externa foi feita a partir da adição dos padrões dos elementos metálicos apenas em água deionizada. Já a curva por ajuste da matriz foi feita a partir da adição dos padrões dos elementos metálicos em um pool das suspensões obtidas a partir de diferentes amostras de Queijo Minas Artesanal preparadas com TMAH e banho de ultrassom. É importante ressaltar que, para os elementos que já apresentam concentrações nas amostras de queijo acima do limite de detecção, o sinal instrumental obtido para o pool sem adição foi subtraído de todos os pontos com adição de padrão. Para Cu e Mn, o fator de diluição utilizado para a construção da curva por ajuste de matriz foi de 2 (2x). Já para Fe e Zn, o fator utilizado foi de 4 (4x), e para Mg, o fator de diluição de 20 (20x) foi usado. Os fatores utilizados para a diluição do pool foram escolhidos conforme a concentração de referência desses elementos em amostras de queijo (TACO, 2011) e no material de referência utilizado no

presente trabalho.

## 2.4 Figuras de mérito

Os métodos analíticos foram validados a partir da avaliação da precisão, exatidão, linearidade, e limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ). A exatidão foi determinada utilizando-se um material de referência certificado (NIST 1846, Infant Formula), contudo, devido às baixas concentrações de Mn e Cu no material de referência, a avaliação da exatidão foi feita pelo método de adição e recuperação (0,5 e 1,0 mg/L). A precisão foi avaliada a partir da observação do desvio relativo (RSD) das medidas para o material de referência e para as amostras com adição dos analitos. A avaliação da linearidade foi feita a partir do coeficiente de correlação ( $r$ ) obtidos para as curvas de calibração, e os limites de detecção e quantificação foram obtidos pelas fórmulas  $LOD = \frac{3\sigma}{\alpha}$  e  $LOQ = \frac{10\sigma}{\alpha}$ , onde  $\sigma$  é o desvio padrão da leitura de 10 amostras em branco ou de 10 brancos de reagente (dependendo do método de calibração utilizado), e  $\alpha$  é o coeficiente angular da curva analítica de calibração (Thomsen et al., 2000). Os limites de detecção e quantificação obtidos por essas fórmulas são em mg/L, considerando a suspensão e/ou solução introduzida no instrumento de medida. Para a obtenção do limite em mg do analito/100 g da amostra de queijo, foi necessário multiplicar o valor obtido a partir das fórmulas pelo fator da diluição empregada para cada elemento, bem como fazer a transformação para 100 g de amostra.

Todas as análises foram feitas em triplicata utilizando o espectrômetro de absorção atômica em chama. As recuperações obtidas a partir do material de referência e do método de adição e recuperação foram comparadas com os valores de recuperação recomendados pela AOAC (Association of Official Analytical Chemists) para diferentes níveis de concentração do analito na amostra (AOAC, 1998).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Avaliação do método de preparo das amostras

A Figura 1 mostra o diagrama de Pareto, o qual foi obtido a partir do software Statistica® e que apresenta os efeitos das quatro variáveis estudadas, bem como os efeitos das interações entre as variáveis na resposta (quantidade de Zn extraído por g de amostra). Observou-se que, o volume de TMAH e o tempo de sonicação não apresentaram efeitos significativos na concentração de Zn na suspensão, ou seja, na extração do metal utilizando-se TMAH e banho de ultrassom. Já as variáveis massa e temperatura apresentaram efeitos negativos significativos, bem como a interação entre tais variáveis. Sendo assim, pode-se dizer que uma maior massa da amostra, bem como maiores temperaturas levam a uma extração menos eficiente de Zn a partir das amostras de queijo.

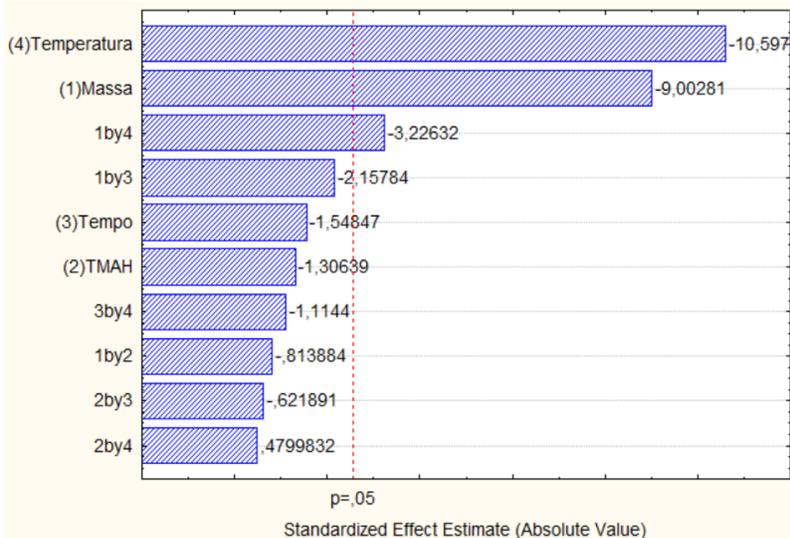


Figura 1. Diagrama de Pareto informando quais variáveis apresentaram efeitos significativos na extração de Zn.

A partir dos resultados dos efeitos das variáveis, foi possível escolher as condições a serem utilizadas na solubilização da amostra de queijo com consequente extração dos elementos metálicos. As condições escolhidas foram as seguintes: 1,0 g de amostra; 0,5 mL de TMAH; e 30 min no banho de ultrassom. Apesar do um efeito negativo do aumento da temperatura, a temperatura de  $\sim 40\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$  foi utilizada nos experimentos posteriores, pois abaixo dessa temperatura, a gordura presente nas amostras se mantém aderida ao tubo e ou/ forma agregados. Já em maiores temperaturas, o aspecto da suspensão fica muito melhor, apresentando uma maior homogeneidade e menores riscos de entupimento do sistema de nebulização do instrumento de F AAS. Além disso, para auxiliar na formação de uma emulsão mais homogênea entre a solução aquosa e a gordura, o surfactante não iônico Triton X-100 a 5 % v/v da suspensão final foi utilizado em todos os experimentos posteriores. O surfactante atua diminuindo a tensão interfacial entre as fases (gordura e água) e tem sido amplamente empregado em espectrometria atômica, para a limpeza de tubos de injeção de amostra, para promover uma adequada distribuição da amostra em tubos de grafite em análises por GF AAS, para estabilizar emulsões de amostras oleosas, entre outras aplicações (Fernandes et al., 2004; de Souza et al., 2006; Gajek et al., 2015).

### 3.2 Avaliação do efeito de matriz

Para avaliação do efeito de matriz que possivelmente ocorreria devido a leitura direta da suspensão obtida na solubilização da amostra com TMAH, foram construídas curvas de calibração externa e por ajuste de matriz, as quais tiveram seus coeficientes angulares comparados. Lembrando que, quando os coeficientes angulares diferiram mais que  $\pm 10\%$ ,

considerou-se que o efeito de matriz foi significativo, devido à mudança de sensibilidade do instrumento para as medidas nos diferentes meios.

A Tabela 1 apresenta a faixa de trabalho para cada elemento, os coeficientes angulares (sensibilidade) para as curvas de calibração externa e por ajuste de matriz, e o coeficiente de variação entre as curvas.

Elemento	Faixa de trabalho (mg/L)	Coeficiente angular (sensibilidade)		CV (%)
		Curva externa	Curva por ajuste de matriz	
<b>Cu</b>	0,10-1,00	0,0489	0,0551	+12,7
<b>Fe</b>	1,00-5,00	0,0349	0,0413	+18,3
<b>Mg</b>	1,00-5,00	0,0267	0,0290	+8,6
<b>Mn</b>	0,10-1,00	0,0787	0,0746	-5,2
<b>Zn</b>	1,00-5,00	0,0922	0,0815	-11,6

Tabela 1. Faixa de trabalho para cada elemento, sensibilidades para as curvas analíticas de calibração externa e por ajuste de matriz e coeficiente de variação entre as sensibilidades.

Os resultados obtidos para as sensibilidades das curvas externa e por ajuste de matriz para Cu, Fe e Zn mostram que os coeficientes de variação entre as curvas diferiram mais que  $\pm 10\%$ . Esse fato indica que existe um efeito de matriz prejudicial atrelado à análise direta da suspensão diluída, ou seja, a curva por ajuste de matriz é a mais indicada para ser utilizada nas análises. Por outro lado, os resultados obtidos para Mg e Mn mostram que os CVs entre as curvas externa e por ajuste de matriz diferiram menos que  $\pm 10\%$ , indicando que não há um efeito de matriz prejudicial às análises das suspensões, podendo ser feito o uso da curva analítica de calibração externa para a determinação da concentração desses elementos.

### 3.3 Avaliação das figuras de mérito

Posteriormente a avaliação do efeito de matriz, algumas figuras de mérito foram obtidas e analisadas. Para tanto, foram obtidos os limites de detecção e quantificação (LOD e LOQ) e linearidade para os métodos de calibração escolhidos para cada elemento, bem como a exatidão e precisão dos métodos. Vale lembrar que o preparo da amostra foi feito da mesma maneira para a determinação de qualquer um dos elementos em estudo, sendo que a diferença constituiu no método de calibração do instrumento. Além disso, para a avaliação da exatidão e precisão dos métodos, o material de referência (NIST 1846, Infant Formula) passou pelos mesmos processos que as amostras de queijo, ou seja, o preparo desse material para as análises foi feito da mesma forma que o do queijo, utilizando-se,

aproximadamente, a mesma massa seca para ambos (material de referência e amostras de queijo). É importante ressaltar que as figuras de mérito são indicadores quantitativos do escopo e do bom desempenho de métodos analíticos (Ribeiro et al., 2008).

Levando em consideração os resultados do efeito de matriz, para os elementos Cu, Fe e Zn, a curva de calibração por ajuste de matriz foi utilizada. Por outro lado, para Mg e Mn, foi possível a utilização da curva de calibração externa. Sendo assim, para a obtenção dos limites de detecção e quantificação, foram preparados dez brancos para cada tipo de curva (externa e por ajuste de matriz), com as diluições necessárias para cada elemento. A Tabela 2 apresenta os valores encontrados para as figuras de mérito avaliadas no presente estudo.

Elemento	LOD (mg/L)	LOD (mg/100g)	LOQ (mg/L)	LOQ (mg/100g)	Exatidão (%)	RSD (%)
Cu	0,07	0,14	0,24	0,47	94	1
Fe	0,60	1,21	2,02	4,04	89	4
Mg	0,27	5,40	0,90	18,0	86	1
Mn	0,05	0,05	0,16	0,16	109	2
Zn	0,37	0,74	1,24	2,47	110	1

\*Os limites calculados a partir das fórmulas de LOD e LOQ são em mg/L, considerando a suspensão e/ou solução introduzida no instrumento de medida. Já os limites em mg/100 g representam os valores em mg do elemento por 100 g da amostra (considerando as diluições empregadas para cada elemento).

Tabela 2. Figuras de mérito para o método de calibração escolhido para cada elemento.

Para avaliar se os limites de detecção e quantificação obtidos no presente estudo seriam adequados para a determinação da concentração de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em Queijo Minas Artesanal, os limites em mg/100 g foram comparados com a concentração desses elementos (em mg/100g) em Queijo Minas Meia Cura, sendo os valores de referência para esse queijo obtidos a partir da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011). Analisando a tabela TACO, observou-se que os valores de referência para Zn e Mg são, respectivamente, 2,7 e 27 mg por 100 g de queijo, indicando então que os limites obtidos no presente estudo são suficientes para a quantificar com precisão tais elementos em amostras de queijo. No que se refere aos elementos Cu, Fe e Mn, a tabela TACO informa que as concentrações para tais elementos são de 0,07, 0,2 e 0,02 mg/100g, respectivamente. Analisando os valores de LOD e LOQ obtidos no presente estudo, percebe-se que esses são superiores aos valores tabelados para tais elementos em amostras de Queijo Minas Meia Cura. Sendo assim, provavelmente não será possível quantificar com precisão

os elementos Cu, Fe e Mn nas amostras de Queijo Minas Artesanal, a não ser que a concentração desses elementos nesse tipo de queijo seja maior que em Queijo Minas Meia Cura ou se, eventualmente, algumas amostras tenham valores superiores, dependendo da região onde o queijo é produzido. Entretanto, isso já era esperado, considerando que a detectabilidade em F AAS não é usualmente satisfatória para elementos traços, devido a limitações da própria técnica.

Considerando a exatidão e precisão dos métodos, pode-se dizer que ambas as figuras de mérito se revelaram adequadas (AOAC, 1998, ANVISA, 2017), pois os valores de recuperação obtidos utilizando o material de referência ficaram entre 86 e 110 % (Fe, Mg e Zn), e o valores de RSD entre 1 e 4%. Para os elementos Mn e Cu, os níveis de concentração eram muito baixos no material de referência, por isso, testes de adição e recuperação foram empregados, nos níveis de 0,5 e 1,0 mg/L. As recuperações foram de 94 e 109%, para Cu e Mn, respectivamente, e os valores de RSD menores que 2%. É importante ressaltar que, apesar do efeito de matriz significativo para a quantificação de Cu, Fe e Zn, é possível construir uma curva de calibração para tais elementos utilizando-se um pool de diferentes amostras de queijo, não sendo necessária a utilização da técnica de adição de padrão em cada amostra a ser analisada, o que seria laborioso, caro e não poderia ser usado rotineiramente.

Por fim, as linearidades das faixas de trabalho para as curvas analíticas de calibração também se mostraram adequadas, sendo os coeficientes de correlação ( $r$ ) das curvas maiores que 0,99 para todos os elementos (ANVISA, 2017).

## 4 | CONCLUSÃO

A partir de um planejamento experimental, foi possível otimizar um método simples de preparo de amostras de Queijo Minas Artesanal em meio alcalino utilizando o TMAH e banho de ultrassom, e posterior análise em F AAS. Ainda, por meio de estudos de efeito de matriz, foi evidenciado que para a determinação da concentração de Fe, Zn, Cu por F AAS, há um efeito de matriz significativo. Sendo assim, há a necessidade do emprego de curvas por ajuste de matriz para esses elementos. Já para os elementos Mg e Mn, a curva analítica de calibração externa pode ser utilizada.

Considerando as figuras de mérito para dos métodos utilizados, é possível concluir que os métodos são adequados para a determinação de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em Queijo Minas Artesanal, se esses elementos estiverem presentes em níveis detectáveis. Por fim, a exatidão e precisão estão dentro dos padrões exigidos pela AOAC.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação concedida, ao Instituto de

Ciências Exatas e Biológicas – UFOP e ao Laboratório de Espectrometria Atômica – UFOP (LEAT) pela infraestrutura disponibilizada, e à UFOP pelo financiamento (PROCESSO N.: 23109.004080/2019-88).

## REFERÊNCIAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Resolução RDC N° 166, DE 24 de Julho de 2017. **Guia para Validação de Métodos Analíticos**. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19194581/do1-2017-07-25-resolucao-rdc-n-166-de-24-de-julho-de-2017-19194412](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19194581/do1-2017-07-25-resolucao-rdc-n-166-de-24-de-julho-de-2017-19194412)

AOAC - Association of Official Agricultural Chemists. Peer-Verified Methods Program. **Manual on Policies and Procedures**. Rockville: AOAC International, 1998.

Aranha, T. S. C. P.; Oliveira, A.; Queiroz, H. M.; Cadore, S. A fast alkaline treatment for cadmium determination in meat samples. **Food Control**, v. 59, p. 447-453, 2016.

Bakircioglu, D.; Kurtulus, Y. B.; Ucar, G. Determination of some traces metal levels in cheese samples packaged in plastic and tin containers by ICP-OES after dry, wet and microwave digestion. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, p. 202-207, 2011.

Fernandes, K. G.; Nogueira, A. N. A.; Neto, J. A. G.; Nóbrega, J. A. Determination of vanadium in urine by electrothermal atomic absorption spectrometry using hot injection and preconcentration into the graphite tube. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, p. 676-681, 2004.

Gajek, R.; Choe, K. Determination of ultra-trace elements in human plasma or serum by ICP-MS using sodium in the presence of carbon as a single calibration matrix match component. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v. 30, p. 1142-1153, 2015.

Goulart, S. M.; Alves, R. D.; Assis, T. C.; Salvador, G. V.; Queiroz, M. E. L. R.; Neves, A. A.; Queiroz, J. H.; Paula, W. X. Avaliação do efeito de matriz na análise de carbamatos em bebidas de interesse forense. **Resumo do 52º Congresso Brasileiro de Química**, 2012.

Hibbert, D.B. **Quality Assurance for the Analytical Chemistry Laboratory**. New York: Oxford University Press, 2007.

Iaquinta, F.; Tissot, F.; Fialho, L. L.; Nóbrega, J. A.; Pistón, M.; Machado, I. Development of an alkaline method for the determination of Cu, Mo, and Zn in beef samples. **Food Analytical Methods**, 2020. Accepted Manuscript. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01861-w>

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Dossiê Interpretativo do IPHAN**, 2014. Disponível em [http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Dossie\\_Queijo\\_de\\_Minas\\_web.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Dossie_Queijo_de_Minas_web.pdf)

Jiao, S.; Olesik, J. W. Characterization of matrix effects using an inductively coupled plasma-sector field mass spectrometer. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v. 35, p. 2033–2056, 2020.

Jornal o Tempo. **Legítimo queijo mineiro premiado ganha o mundo**, 2017. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/leg%C3%ADtimo-queijo-mineiro-premiado-ganha-o-mundo-1.1486118>.

- Kira, C.S.; Maihara, V. A. Determinação de elementos essenciais maiores e traço em queijos por espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio induzido após digestão parcial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 446-450, 2007.
- Lante, A.; Lomolino, G.; Cagnin, M.; Spettoli, P. A. et al. Content and characterization of minerals in milk in Crescenza and Squacquerone Italian fresh cheeses by ICP OES. **Food Control**, v. 17, p. 229-233, 2006.
- Ljung, K.; Palm, B.; Grandér, M.; Vahter, M. High concentrations of essential and toxic elements in infant formula and infant foods - a matter of concern. **Food Chemistry**, v. 127, p. 943-951, 2011.
- Loeschner, K.; Brabrand, M.S.; Sloth, J.J.; Larsen, E.H. Use of alkaline or enzymatic sample pretreatment prior to characterization of gold nanoparticles in animal tissue by single-particle ICP MS. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 406, p. 3845-3851, 2014.
- Mendil, D. Mineral and trace metal levels in some cheese collected from Turkey. **Food Chemistry**, v. 96, p. 532-537, 2006.
- do Nascimento da Silva, E.; Baccan, N.; Cadore, S. Determination of selenium, chromium and copper in food dyes by GF AAS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, p. 1267-1275, 2013.
- Nóbrega, J. A.; Santos, M. C.; Sousa, R. A.; Cadore, S.; Barnes, R. M.; Tatro, M. Sample preparation in alkaline media. **Spectrochimica Acta Part B**, v. 61, p. 465-495, 2006.
- de Oliveira, F. A.; de Abreu, A. T.; Nascimento, N. O.; Froes-Silva, R. E. S.; Antonini, Y.; Nalini Jr., H. A.; de Lena, J. C. Evaluation of matrix effect on the determination of rare earth elements and As, Bi, Cd, Pb, Se and In in honey and pollen of native Brazilian bees (*Tetragonisca angustula* – Jataí) by Q-ICP-MS. **Talanta**, v. 162, p. 488-494, 2017.
- Pino, L. K.; Searle, B. C.; Yang, H.; Hoofnagle, A. N.; Noble, W. S.; MacCoss, M. J. Matrix-matched calibration curves for assessing analytical figures of merit in quantitative proteomics. **Journal of Proteome Research**, v. 19, p. 1147-1153, 2020.
- Ribeiro, F. A. L.; Ferreira, M. M. C.; Morano, S. C.; Silva, L. R. da; Schneider, R. P. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. **Química Nova**, v. 31, p. 164-171, 2008.
- Santos, E. E.; Lauria, D. C.; Porto da Silveira, C. L. Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. **Science of the Total Environment**, v. 327, p. 69-79, 2004.
- de Souza, R.; Mathias, B.; Scarmínio, I.; da Silveira, C. L. P.; Aucélio, R. Q. Comparison between two sample emulsification procedures for the determination of Mo, Cr, V and Ti in diesel and fuel oil by ICP OES along with factorial design. **Microchimica Acta**, v. 153, p. 219-225, 2006.
- TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.
- Thomsen, V.; Roberts, G.; Burgess, K. The concept of background equivalent concentration in spectrochemistry. **Spectroscopy**, v. 15, p. 33-36, 2000.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Abióticos 35
- Ácidos graxos 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
- Águas residuais 43, 53, 58, 115
- Amperometria 43
- Analito 4, 60, 62, 79, 89, 94, 132, 133, 156
- Ânions 43, 46, 47, 48, 74, 118
- Antibióticos 73, 74
- Anti-inflamatório 22
- Antimicrobiano 1
- Antioxidantes 1, 2, 22, 40
- Área superficial 74, 87, 91, 191
- Atividade biológica 14, 34, 174

### B

- Bióticos 35

### C

- Cascas 24, 25, 26, 29, 32
- Cátions 43, 46, 47, 48, 74, 118
- Células 35, 101, 102, 155, 157, 172, 173, 174, 175, 178, 179
- Celulose 66, 178, 179, 180, 181
- Chá 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 145, 146, 147
- Compostos voláteis 24, 26
- Condutividade 58, 65, 74, 87, 94, 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Contaminação ambiental 74
- Contaminação de alimentos 167
- Contaminante emergente 73
- Corante 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas 24
- Curva analítica 52, 60, 65, 73, 76, 80, 81, 86, 89, 90, 95, 132, 133, 135, 137

### D

- Desvio padrão relativo 57, 67, 81
- Doenças crônicas 2, 12

## **E**

Eletrocatalítica 112, 123

Eletr deposição 44, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109, 170

Eletr odo modificado 52, 56, 57, 60, 63, 65, 68, 72, 73, 76, 86, 95, 112, 116, 117, 119, 121, 123, 124, 125

Eletrólito suporte 46, 47, 48, 60, 76, 112, 115, 119, 120, 125

Eletr o-oxidação 101

Eletr oquímica 43, 44, 45, 47, 51, 57, 58, 60, 63, 70, 74, 76, 85, 89, 90, 93, 99, 101, 102, 103, 112, 115, 117

Exatidão 4, 128, 131, 133, 135, 136, 137

## **F**

Fármacos 53, 73, 144, 146, 147, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Figuras de mérito 7, 9, 10, 11, 128, 131, 133, 135, 136, 137, 139

Filme híbrido 116, 117, 123, 124, 125

Folhas 3, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 32, 76, 77, 92

Fotocatálise heterogênea 184, 185, 186, 187, 194, 195, 198

## **H**

Hidrodestilação 14, 15, 16, 21, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 31

## **L**

Limite de detecção 8, 43, 53, 66, 80, 86, 95, 132, 184

Limite de quantificação 53, 80, 86, 95

## **M**

Matrizes ambientais 73

Mecanismos de adsorção 87, 157, 158

Metais 3, 11, 43, 44, 45, 48, 99, 100, 112, 114, 115, 116, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Métodos analíticos 1, 74, 112, 133, 136, 138, 139, 150

Microscopia eletrônica de varredura 88, 99, 103, 109

## **O**

Óleos essenciais 14, 15, 16, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Osmose 178, 179, 180, 181, 182, 183

## **P**

Peroxidação foto-assistida 186

Pesticidas 45, 142, 144, 145, 151, 174, 185

Planejamento experimental 128, 131, 137

Potencialmente tóxicos 153, 154, 158, 167, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 176

Precisão 4, 7, 8, 61, 68, 76, 81, 128, 131, 133, 135, 136, 137

Preparo de amostra 58, 130, 140, 142, 148, 151

Processos metabólicos 35, 153, 155

Processos oxidativos avançados 198

Produtos naturais 2, 24, 35

## **Q**

QuEChERS 140, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151

Química verde 140, 141, 142, 145, 146, 147, 148, 150, 151

Quimiometria 1, 4

## **R**

Radiação 4, 32, 103, 132, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 195, 198

Repetibilidade 57, 61, 67, 73, 76, 81

Reprodutibilidade 57, 61, 67, 73, 76, 81

Resíduos 58, 74, 116, 140, 141, 142, 144, 147, 148, 150, 170, 185, 198

## **S**

Sensibilidade 4, 7, 56, 58, 62, 73, 74, 78, 94, 132, 135, 140

Sensor 54, 56, 57, 59, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 83, 84, 85, 86, 97, 98, 126, 127

Sensor eletroquímico 56, 59, 72, 85, 86

Solvente 16, 27, 28, 29, 31, 58, 131, 144, 147, 178, 180, 182

## **V**

Voltametria cíclica 43, 46, 50, 53, 101, 112, 116, 120, 125

Voltametria de pulso diferencial 56, 60, 76, 86, 89

Voltamograma 99, 105, 106, 121

# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

- 🌐 [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 2

- 🌐 [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)

