

**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 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 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. 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

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**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



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” 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**

# CAPÍTULO 1

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

### Ana Flávia Loureiro Martins Nascimento

Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/6332862712029988>

### Carlos Guilherme Tissi Batista

Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/6640029416808523>

### Cibele Maria Stivanin de Almeida

Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/0864372376177243>

**RESUMO:** O chá é considerado um alimento funcional e tem sido classificado como a segunda bebida não alcoólica mais popular no mundo devido às suas características terapêuticas, econômicas, sociais e científicas. Entre os benefícios relacionados ao consumo do chá estão os efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, antimicrobiano e hepatoprotetor. E essas atividades biológicas podem também estar associadas a composição inorgânica. Assim, a presença de minerais é importante para uma dieta saudável. Os chás tradicionais derivados da *Camellia sinensis* destacam-se como fonte de elementos essenciais tal como cálcio, potássio

e ferro. Porém, elementos traços como níquel, arsênio, bário e cobalto também podem ser encontrados e alguns deles podem ser tóxicos. A demanda de produtos de alta qualidade tem induzido o desenvolvimento de métodos analíticos mais sensíveis, confiáveis e rápidos. Assim, este trabalho objetiva caracterizar amostras de chás tradicionais por meio de seus perfis inorgânicos, bem como identificar a presença de elementos tóxicos nessas amostras comerciais. Deste modo, as amostras comerciais de chá foram pré-processadas por digestão ácida usando  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  e sua composição elementar foi obtida usando o Espectrômetro de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES). As análises quimiométrica ajudaram a diferenciar chás vermelhos entre as demais amostras de chás e algumas amostras de chá branco mostraram tendência em se diferenciarem das amostras de chás pretos e verdes. Mais estudos estão sendo desenvolvidos para analisar como a composição mineral pode ser usada para caracterizar as classes de chás, especialmente as amostras de chás branco.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Camellia sinensis*, Perfil inorgânico, ICP OES, Quimiometria, Análise Multivariada.

### DETERMINATION OF THE INORGANIC PROFILE OF TEAS DERIVED FROM CAMELLIA SINENSIS

**ABSTRACT:** The tea is considered a functional food and it has been classified as the second most popular non-alcoholic beverage in the world due to its therapeutic, economic, social, and scientific characteristics. Among the benefits related to the

tea consumed are the anti-oxidative, anti-inflammatory, antimicrobial, and hepatoprotective effects. And that's biological activities are associated with the inorganic composition. Thus, the presence of minerals is important to a healthy diet. Traditional teas derived from *Camellia sinensis* stand out as a source of essential elements such as calcium, potassium, and iron. However, trace elements as nickel, arsenic, barium, and cobalt can be found too, and some of them are toxic. The demand of high-quality products has been inducing the development of analytical methods more sensible, trustworthy, and faster. So, this work aimed to characterize samples of traditional teas through their inorganic profiles, as well as to identify the presence of toxic elements in these commercial samples. In that way, the commercial tea samples were pre-processed by hot acid digestion using  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  and the elemental composition was obtained using the Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES). Chemometric analysis helped to differentiate red teas from other teas samples and some white tea samples show tendencies to differ from green and black tea. More studies are developed to analyze how the mineral composition can be used to characterize the other tea classes, especially the white tea samples.

**KEYWORDS:** *Camellia sinensis*, Inorganic profile, ICP OES, Chemometrics, Multivariate analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

O estudo das características químicas de chás é de suma importância, pois é considerada a bebida não alcoólica mais consumida no mundo após a água (FERNANDEZ-CÁCERES et al., 2001). Ela se sobressai pelas características químicas, sabor, benefícios à saúde, prevenção de doenças, além das suas associações culturais. Sua popularização e propriedades terapêuticas foram se difundindo pelo mundo, tornando-se parte do hábito alimentar ou medicinal de muitas sociedades. No Brasil e no mundo diversas espécies de ervas são usadas como chás, as quais destacam-se: *Camellia sinensis*, *Peumus boldus*, *Baccharis trimera*, *Ilex paraguariensis* e *Mentha piperita* (ASSIS et al., 2015).

Devido ao aumento da procura por produtos mais saudáveis, o mercado de produtos naturais está em expansão (BASU e LUCAS, 2007). Em pesquisas com alimentos funcionais, a planta *Camellia sinensis* se destaca devido às suas atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e hepatoprotetoras. Diferentes substâncias orgânicas, como polifenóis, flavonoides, alcaloides, poli carboidratos e vitaminas, demonstram que atividades bioativas, nutricionais e propriedades terapêuticas podem ser extraídas da matriz do chá de *Camellia sinensis* trazendo diversos benefícios à saúde e caracterizando esta bebida como alimento funcional, ou seja, aquele que além de qualidades nutricionais contém substâncias que ajudam na redução dos riscos de desenvolvimento de doenças crônicas, sendo considerados promotores de saúde (SENGER et al., 2010; JESZKA-SKOWRON et al., 2015; RICCI et al., 2017).

A *Camellia sinensis* é cultivada em mais de 30 países e teve sua origem no sudeste asiático. Sua árvore pode alcançar até 15 metros de altura na natureza, e para cultivo são

mantidas à no máximo 1,5 metros por meio de podas regulares. As folhas são escuras com nervuras bem marcadas nas superfícies e de margem inteiramente dentada (SILVA et al., 2013). A China e a Índia são os maiores produtores de chás provenientes desta planta e a variação de seus tipos obtidos por infusão ou decocção está relacionada aos mecanismos de processamento, como o tempo de colheita das folhas e os níveis de oxidação aos quais são submetidas (FERNANDEZ et al., 2002).

Os mecanismos de processamento são responsáveis pela cor e classificação dos chás oriundos da *Camellia sinensis*, onde os principais tipos encontrados no mercado brasileiro são denominados de verde, branco, preto, vermelho e amarelo. De acordo com o Ministério da Saúde, as diferenças de processamento, permitem classificá-los em Chá verde: não sofre fermentação, sendo elaborado a partir de folhas jovens expostas ao vapor d'água e altas temperaturas; Chá branco: feito a partir de brotos retirados antes da oxidação; Chá amarelo: sua produção propõe a secagem mais lenta das folhas jovens. As folhas úmidas ficam em repouso até amarelarem; Chá vermelho: preparado a partir de um processo de fermentação por um período de 2 a 3 horas; Chá preto: desidratado e fermentado totalmente (BRASIL, 2016).

Cada tipo de chá derivado da *Camellia sinensis* é fonte de elementos essenciais e, dentre os nutrientes presentes, destacam-se: cálcio, ferro, magnésio e zinco, que possuem importantes funções no metabolismo de enzimas, oxigenação do sangue e manutenção das funções vitais. No entanto, também podem ser encontrados nas amostras de chás alguns elementos cujas funções essenciais não estão estabelecidas. Além deles, também podem estar presentes elementos não essenciais e tóxicos como: alumínio, arsênio, bário, chumbo e cádmio. O alumínio, por exemplo, é encontrado comumente na forma de silicatos, óxidos ou hidróxidos, combinado ou não a outros elementos, cuja presença é atribuída a fatores ambientais como contaminação de solos (processos naturais ou antrópicos), a composição das embalagens e a presença de ingredientes e/ou aditivos alimentares (POHL et al., 2016; FAO/WHO, 2018).

Desde o plantio até o processamento, sendo este manual ou automatizado, possíveis contaminações podem surgir durante o desenvolvimento das etapas. A acumulação de metais e outros componentes benéficos ou tóxicos nos alimentos, especialmente nas folhas dos chás, podem ocorrer de forma intencional ou involuntária, relacionada a fatores ambientais ou atividades antrópicas. Estes são atrelados diretamente às variações nas características do solo (como pH e quantidade de matéria orgânica), temperatura, umidade, utilização de fertilizantes e agrotóxicos, mineração, entre outros. Assim, em todas as etapas envolvidas nos processos de fabricação, regulamentação, venda e consumo de alimentos, deve-se atentar para a propensão de contaminantes, bem como para a manutenção dos níveis de qualidade e segurança para consumo (MIDIO & MARTINS, 2000; MILANI et al., 2016).

A crescente demanda por altos níveis de qualidade e segurança na produção

de alimentos, obviamente, exige altos padrões de garantia de qualidade e controle de processos. Para satisfazê-lo são necessárias ferramentas analíticas adequadas para análise de alimentos antes, durante e após a produção. Considerando as características desejáveis para tais ferramentas, inclui-se com eficiência a técnica de Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES). Utilizada no Brasil desde 1976, ela é capaz de realizar determinações rápidas de diferentes elementos químicos, em diversas matrizes, por meio da medida da radiação emitida em comprimentos de onda característico do analito (PETRY, 2005; TREVIZAN & NÓBREGA, 2007).

A intensidade da radiação emitida em um comprimento de onda, é proporcional aos átomos excitados no nível de energia correspondente, com a consequente emissão do espectro atômico. A formação do espectro do íon ocorre na medida em que se tem a ionização simples e a excitação dos íons. A intensidade desta emissão é indicativa da concentração do elemento presente na amostra após a calibração externa (SKOOG et al., 2009; GINÉ, 1999).

Este espectrômetro destaca-se pela análise multielementar simultânea, baixa susceptibilidade a interferências químicas, ampla faixa linear, determinação de elementos que normalmente tendem a formar compostos refratários, elevada sensibilidade, baixos limites de detecção, rapidez, alta exatidão, precisão, e determinação multielementar em variados tipos de amostras: geológicas, ambientais, siderúrgicas, farmacêuticas, agroquímicas, entre outros (TREVIZAN & NÓBREGA, 2007; SKOOG et al., 2009).

Contudo, a análise das informações geradas pelo instrumento, normalmente envolve variáveis que podem ser pouco relevantes ao estudo químico central, enquanto em muitos casos, um pequeno número destas variáveis contém as informações químicas de importância. Deste modo, faz-se necessário a utilização de *softwares* e ferramentas estatísticas multivariadas capazes de minerar, simultaneamente, as informações e propiciar uma interpretação do conjunto de dados obtidos sem que haja perda informacional significativa, simplificando a avaliação dos dados (MOITA NETO e MOITA, 1998; SARTORIO, 2008). A aplicação de análises estatísticas multivariadas em dados químicos é mediada com maior cautela dentro da quimiometria, destacando-se os campos de análise exploratória e classificação.

A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica de análise exploratória que permite a redução da dimensão dos dados a algumas variáveis latentes, denominadas componentes principais (PC). Cada componente é traçada no sentido de maior variação dos dados no espaço  $j$ -dimensional (onde  $j$  é o número de variáveis na matriz de dados). Em sequência, outra componente é traçada, ortogonalmente a primeira, no segundo sentido de maior variação dos dados e assim sucessivamente até  $j$  componentes (BERETRON, 2003; HAIR et al., 2009). Assim, em termos da maior variância dos dados, a PCA permite o reconhecimento de padrões separando a matriz de dados originais  $\mathbf{X}$  como produto das matrizes de escores ( $\mathbf{S}$ ) e de pesos ( $\mathbf{L}$ ), além de adicionar a matriz residual ( $\mathbf{E}$ ):  $\mathbf{X} = \mathbf{SL} + \mathbf{E}$

(SERAPINAS et al., 2008).

Porém, embora seja um bom começo, nem sempre a maior variação dos dados será relevante para a distinção dentre os diferentes grupos (WEHRENS, 2011). Assim, as técnicas de classificação apresentam uma análise posterior e complementar, relacionando as informações da matriz **X** com as diferentes classes amostrais (**y**). Entre as técnicas de classificação para análise multivariada se destaca a análise de discriminante por mínimos quadrados parciais (PLSDA) objetivando a redução dos dados da matriz **X** e a ortogonalização das variáveis a serem aplicadas na classificação. Esta técnica aplica tanto a matriz **X** quanto o vetor **y** para computar os seus escores e pesos. Buscando, assim, extrair a parcela de informação **X** necessária para explicar o vetor **y** em cada uma de suas variáveis latentes (LV) (HÖSKULDSSON, 1988; RUIZ-PEREZ e NARASIMAHN, 2018). A análise de discriminante por componentes principais (PCDA), apesar de apresentar distinções matemáticas, segue o mesmo raciocínio da PLSDA, mas aplica a PCA para a redução estrutural dos dados em PC (WEHRENS, 2011).

Esta pesquisa objetiva trabalhar com amostras de chás branco, verde, vermelho e preto oriundos da *Camellia sinensis*, avaliando o perfil inorgânico que compõe estas amostras por meio da técnica de ICP OES. Com este perfil, faz-se necessário avaliar a qualidade do produto destinado ao mercado e se existe alguma tendência natural na diferenciação entre as classes que poderia predispor uma concentração mais elevada de algum elemento, por exemplo, de chumbo no chá preto do que no chá branco.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção e identificação das amostras

As amostras de chás comerciais foram adquiridas em lojas virtuais e físicas, estas, disponíveis nas cidades de Campos dos Goytacazes – RJ, Rio de Janeiro – RJ e São Carlos – SP, totalizando 63 amostras de 39 marcas distintas. As amostras foram separadas e classificadas em grupos de acordo com o tipo de chá indicado em cada embalagem comercial: chá branco (18 amostras); chá verde (29 amostras), chá vermelho (7 amostras) e chá preto (9 amostras). Em seguida foram identificadas com códigos para evitar conflitos de interesse.

### 2.2 Análises químicas

Para a limpeza, diluição e preparo das amostras foi utilizada água destilada e posteriormente deionizada, assim, utilizou-se água ultrapurificada tipo I ( $\geq 18 \text{ M}\Omega$ ) obtida a partir de um sistema Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, USA). As vidrarias e frascos destinados ao armazenamento e/ou preparo das amostras foram descontaminadas previamente com Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 10% (v/v), permanecendo de molho por 24 horas e lavadas com água ultrapurificada.

Os reagentes utilizados para abertura das amostras foram: Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) Suprapur (Merck, Alemanha) e Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30% (Jand Química Ind. e Com, Brasil), ambos de grau analítico.

### 2.2.1 *Preparo e extração ácida das amostras*

Para obtenção de uma solução representativa da amostra sólida para análise utilizaram-se aproximadamente 200 mg de cada amostra. Todos os saquinhos de chá das embalagens foram abertos e o material homogeneizado. A massa de amostra foi pesada, identificada e colocada em tubos de polietileno (PET) de 50 mL. Cada chá teve sua amostra analisada em triplicata.

A extração ácida foi realizada em tubos de vidro de borossilicato em bloco digestor com timer acoplado (SL-25/40, Solab, Brasil). As amostras foram transferidas para os tubos de borossilicato e submetidas a uma pré-digestão com 3,5 mL de  $\text{HNO}_3$  durante 24 horas em temperatura ambiente (*overnight*). Após este período foram digeridas por 45 min a 150 °C, adicionando 1,5 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e mantendo por mais 45 min em bloco digestor sob o mesmo aquecimento. Para cada dia de análise foram preparados “brancos” (amostras contendo apenas a mistura de  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ ). As soluções obtidas foram avolumadas para 10 mL com água ultrapura, mantidas em repouso para resfriamento e assim transferidas e armazenadas em tubos PET.

### 2.2.2 *Análise semiquantitativa por espectroscopia de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES)*

O equipamento de ICP OES utilizado neste trabalho foi o ICPE-9000 (Shimadzu Corporation – Japan) equipado com nebulizador tipo coaxial de Pyrex®, câmara Ciclone de Pyrex®, óptica Montagem Echelle, faixa espectral entre 167 – 800 nm e dispersão de rede Echelle 79 linhas/nm. As condições instrumentais do equipamento estão expressas na Tabela 1. Para uma análise rápida de amostras desconhecidas, este equipamento fornece um método qualitativo automatizado e bastante robusto que, devido suas características e para evitar confusões, o denominamos de semiquantitativo neste trabalho. Esta técnica permite determinar as concentrações de até 81 elementos na amostra em uma única medição. O equipamento foi reajustado utilizando soluções de 50  $\mu\text{g L}^{-1}$  e 10  $\text{mg L}^{-1}$  contendo os elementos Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Ti, U, V, Zn (Perkin Elmer, USA). As amostras foram diluídas em dez vezes (1:10) para leitura das concentrações no equipamento utilizando água ultrapura.

Parâmetros operacionais	
Potência da radiofrequência	1500 W
Gerador da radiofrequência	27,12 MHz free running
Introdução da amostra	Twinnabar concentric chamber
Vazão de aspiração da amostra	1,5 mL min <sup>-1</sup>
	15,00 (plasma)
	1,0 (auxiliar)
Vazão de argônio (L min <sup>-1</sup> )	0,45 (nebulizador)
	Parâmetros de medição
Scanning mode	-
Spectral peak processing	Peak aerea
Dwell time (ms)	-
Scans por leitura	1
Scans por replicatas	-
Leituras/replicata	3
Número de replicatas	3

Tabela 1: Parâmetros do ICP-OES.

## 2.3 Análise quimiométrica

As concentrações elementares de cada amostra foram planilhadas e direcionadas para a análise quimiométrica, realizada por meio *software* estatístico R. A análise descritiva e a análise de componentes principais (PCA) foram aplicadas para reconhecer possíveis padrões existentes entre a composição elementar e as classes de chá. Deste modo, os padrões existentes foram explorados por meio da classificação por classe única das amostras, aplicando as técnicas de Análise de Discriminante por Componentes Principais (PCDA) e de Análise de Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PLSDA). Para isto, as amostras foram separadas em grupos de treino (2/3 das amostras) e teste (1/3 das amostras) com o algoritmo de Kennard-Stone. As figuras de mérito utilizadas para avaliar a qualidade dos modelos foram computadas com base nas classificações verdadeira positiva (VP), verdadeira negativa (VN), falso positivo (FP) e falso negativo (FN). Neste trabalho foram avaliadas: a taxa de falso positivo (Taxa FP), a taxa de falso negativo (Taxa FN), a sensibilidade (SEN), a especificidade (ESP), a precisão (PRE) e a eficiência (EF) (BOTELHO et al., 2015; SOUZA, 2018).

As figuras de mérito são: a taxa de falso positivo (Taxa FP) indica o quanto o modelo tende em classificar outras amostras como se fosse a amostra da classe estudada: **Taxa FP = FP / (FP + VN)**; a taxa de falso negativo (Taxa FN) indica o quanto o modelo tende em classificar a amostra da classe estudada como se não fosse pertencente a esta classe: **Taxa FN = FN / (FN + VP)**; a sensibilidade indica o quanto o modelo é capaz de identificar as amostras pertencentes à classe estudada: **SEN = VP / (FN + VP)**; a especificidade

indica o quanto o modelo é capaz de identificar as outras amostras como se não fossem pertencentes a classe da amostra estudada:  $ESP = VN / (FP + VN)$ ; a precisão indica o quanto o modelo é capaz de classificar as amostras da classe estudada e as amostras de outras classes corretamente:  $PRE = (VP + VN) / (VP + VN + FP + FN)$ ; a eficiência indica o quanto o modelo é capaz de não errar a classificação das amostras em termos dos falsos positivos e negativos:  $EF = 100 - (Taxa FN + Taxa FP)$ .

### 3 I RESULTADOS

A determinação multielementar das amostras de chá estão expressas, resumidamente, em termos das médias e desvios-padrões na Tabela 2. Não foram detectadas as presenças de As, Cd e Pb, descritas como pela regulamentação brasileira nos níveis máximos de 0,60, 0,40 e 0,60 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente (ANVISA, 2013). Como estes valores estariam abaixo do limite de detecção do banco de dados de calibração para o método semiquantitativo do ICPE-9000, é esperado que as amostras de chá estejam enquadradas dentro da regulamentação nacional.

Elemento	Concentrações dos elementos nas amostras de chá (µg L <sup>-1</sup> )			
	Chá branco (n = 18)	Chá preto (n = 9)	Chá vermelho (n = 7)	Chá verde (n = 29)
Al	584,29 ± 406,97 (18)	1222,17 ± 393,20 (9)	4903,52 ± 3587,17 (7)	1015,09 ± 368,48 (29)
B	3,41 ± 1,88 (16)	5,58 ± 1,87 (9)	55,81 ± 39,80 (7)	7,85 ± 6,17 (29)
Ba	4,61 ± 3,63 (17)	9,54 ± 3,65 (9)	44,43 ± 22,66 (7)	8,38 ± 4,36 (29)
Be	0,13 ± 0,05 (18)	0,25 ± 0,02 (8)	1,89 ± 0,07 (7)	0,22 ± 0,05 (29)
Ca	980,27 ± 540,29 (16)	1439,49 ± 508,27 (9)	6427,90 ± 2402,82 (7)	1620,42 ± 352,38 (29)
Cr	10,46 ± 33,34 (18)	2,87 ± 3,42 (8)	16,50 ± 5,70 (6)	0,77 ± 0,30 (19)
Cu	5,46 ± 4,22 (15)	1,13 ± 0,57 (4)	140,51 ± 25,33 (7)	2,14 ± 1,85 (19)
Dy	0,74 ± 0,29 (11)	0,63 ± 0,06 (5)	6,04 ± 1,57 (4)	0,72 ± 0,23 (10)
Fe	153,59 ± 216,76 (18)	110,32 ± 91,43 (9)	1044,45 ± 364,59 (7)	130,81 ± 91,09 (29)
I	156,25 ± 66,11 (14)	279,80 ± 77,45 (9)	2617,41 ± 557,69 (7)	226,61 ± 68,37 (29)
K	476,25 ± 292,40 (18)	744,57 ± 182,50 (9)	5681,98 ± 754,14 (7)	693,24 ± 81,52 (29)
Li	0,08 ± 0,07 (14)	0,01 ± 0,01 (2)	0,38 ± 0,04 (7)	0,01 ± 0,01 (24)
Mg	303,52 ± 341,47 (18)	353,84 ± 91,49 (9)	3513,02 ± 1005,74 (7)	477,89 ± 476,39 (29)
Mn	198,31 ± 119,37 (17)	349,91 ± 107,81 (9)	2293,05 ± 1296,62 (7)	304,08 ± 122,67 (24)
Na	135,30 ± 79,56 (14)	185,36 ± 34,64 (9)	734,90 ± 114,70 (7)	152,33 ± 50,60 (29)
Ni	10,35 ± 18,65 (18)	4,13 ± 1,84 (8)	26,18 ± 5,30 (7)	2,97 ± 1,57 (26)
P	651,74 ± 268,46 (14)	886,71 ± 380,51 (9)	8615,59 ± 1780,48 (7)	807,14 ± 233,21 (29)
S	552,18 ± 323,50 (18)	947,90 ± 313,32 (9)	7783,00 ± 1259,51 (7)	893,71 ± 167,82 (29)
Sc	0,55 ± 0,26 (3)	0,66 ± 0,04 (8)	4,26 ± 0,78 (2)	0,65 ± 0,13 (18)
Si	13,37 ± 7,53 (17)	15,42 ± 8,38 (9)	219,84 ± 65,67 (7)	21,88 ± 12,99 (29)
Sr	3,65 ± 5,92 (18)	4,40 ± 2,12 (9)	26,59 ± 20,72 (7)	7,61 ± 10,71 (29)
Ti	0,46 ± 0,32 (13)	1,05 ± 1,15 (4)	20,45 ± 14,41 (6)	0,87 ± 0,66 (19)
Yb	0,12 ± 0,06 (14)	0,13 ± 0,03 (8)	1,12 ± 0,22 (4)	0,12 ± 0,06 (28)
Zn	3,14 ± 2,37 (18)	3,01 ± 0,71 (9)	35,65 ± 9,47 (7)	4,44 ± 4,20 (29)

\*Os valores entre os parênteses representam o número de amostras quantificadas pelo método utilizado.

Tabela 2: Variação média das concentrações dos elementos nas amostras de chás analisadas com seu respectivo desvio padrão.

A análise de componentes principais foi aplicada nas amostras de chá por meio dos elementos Al, B, Ba, Be, Ca, Cu, I, K, Li, Mg, Mn, Na, P, S, Si e Zn. A medida de adequação global por Kaiser-Meyer-Olkins foi de 0,91, enquanto que as medidas de adequação de amostra para cada uma das variáveis foram de 0,84 (Al), 0,89 (B), 0,94 (Ba), 0,88 (Be), 0,89 (Ca), 0,92 (Cu), 0,90 (I), 0,88 (K), 0,96 (Li), 0,93 (Mg), 0,94 (Mn), 0,88 (Na), 0,88 (P), 0,90 (S), 0,94 (Si) e 0,94 (Zn). Assim, avaliando o gráfico de escores PC1 x PC4 (figura 1), pode ser observado que as amostras de chá vermelho apresentam tendência em diferenciar das demais classes de chás por meio da PC 1, enquanto que algumas amostras de chá branco tendem a se diferenciarem das amostras das classes de chá verde e chá preto por meio da estrutura da PC 4.

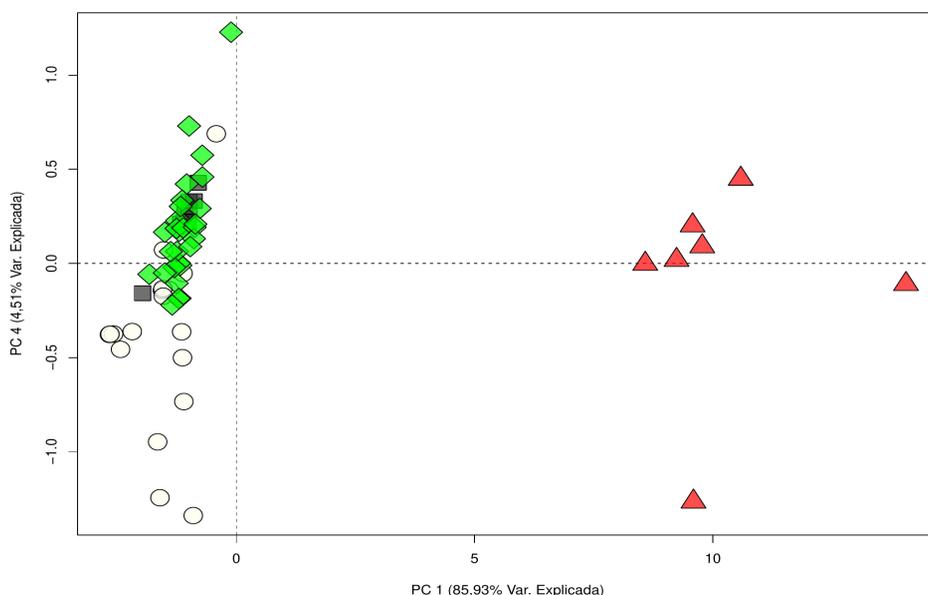


Figura 1: Gráfico de escores da PC1 x PC4.

A tabela 3 apresenta as figuras de mérito obtidas para as classificações de cada uma das classes estudadas pela PCDA. A classificação das amostras de chá vermelho apresentou figuras de mérito maximizadas, demonstrando que a composição elementar pode diferenciar esta classe entre os demais derivados da *Camellia sinensis* estudados. Contudo, apesar de apresentarem baixa classificação de falsos positivos, as figuras de mérito para a classificação das amostras de chá branco, verde e preto não foram adequadas, ainda apresentando contraste entre as figuras de mérito obtidas para treino e com aquelas obtidas para teste.

Classe	Figuras de mérito (treino/teste)						
	PC	Taxa FP (%)	Taxa FN (%)	SEN (%)	ESP (%)	PRE (%)	EF (%)
vermelho	1	0,00 / 0,00	0,00 / 0,00	100,00 / 100,00	100,00 / 100,00	100,00 / 100,00	100,00 / 100,00
verde	9	17,39 / 9,09	25,00 / 55,56	75,00 / 44,44	82,61 / 81,82	79,07 / 70,00	57,61 / 35,35
preto	9	0,00 / 0,00	100,00 / 100,00	0,00 / 0,00	100,00 / 100,00	85,71 / 85,71	0,00 / 0,00
branco	14	6,67 / 0,00	25,00 / 50,00	75,00 / 50,00	93,33 / 100,00	88,10 / 85,71	68,33 / 50,00

Tabela 3: Figuras de mérito da classificação por PCDA.

A tabela 4 apresenta as figuras de mérito obtidas para as classificações de cada uma das classes estudadas pela PLSDA. A classificação das amostras de chá vermelho apresentou figuras de mérito maximizadas, idênticas às figuras de mérito da PCDA, reforçando que a composição elementar pode diferenciar esta classe entre os demais derivados da *Camellia sinensis* estudados. Contudo, tal como observado anteriormente, as figuras de mérito para a classificação das amostras de chá branco, verde e preto também não foram adequadas e apresentaram contraste entre as figuras de mérito obtidas para treino e teste.

Classe	Figuras de mérito da classificação pela PLSDA (treino/teste)						
	LV	Taxa FP (%)	Taxa FN (%)	SEN (%)	ESP (%)	PRE (%)	EF (%)
vermelho	1	0,00 / 0,00	0,00 / 0,00	100,00 / 100,00	100,00 / 100,00	100,00 / 100,00	100,00 / 100,00
verde	10	17,39 / 18,18	15,00 / 44,44	85,00 / 55,56	82,60 / 81,81	83,72 / 70,00	67,60 / 37,37
preto	6	0,00 / 5,56	33,33 / 66,67	66,67 / 33,33	100,00 / 94,44	95,24 / 85,71	66,67 / 27,78
branco	6	3,33 / 0,00	50,00 / 16,67	50,00 / 83,33	96,67 / 100,00	83,33 / 95,24	46,67 / 83,33

Tabela 4: Figuras de mérito da classificação por PLSDA.

## 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, não foram detectadas as presenças de As, Cd e Pb nas amostras comerciais de chá. Por sua vez, a análise de componentes principais demonstrou que as amostras de chás derivados da *Camellia sinensis* apresentam tendências a serem distinguidas pela composição inorgânica. As amostras de chá vermelho podem ser diferenciadas em termos elementares das demais amostras de chá (verde, branco e preto). Também, evidenciou-se a tendência na diferenciação das amostras de chá branco das

amostras de chá preto e verde. Por sua vez, as amostras de chá preto e verde permaneceram sobrepostas. A classificação preliminar das amostras de chá apresentou figuras de mérito semelhantes entre as técnicas PCDA e PLSDA, onde a classificação das amostras de chá vermelho foram ideais. Entretanto, as figuras de mérito para a classificação das amostras de chá preto, verde e branco não foram adequadas, cabendo testes dos possíveis impactos da metodologia de substituição de dados faltantes na classificação das amostras de chá e a aplicação de outras técnicas de classificação. Estudos futuros, buscam incluir amostras de chá amarelo e realizar determinações quantitativas dos elementos presentes nas amostras.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. F. de S.; ANASTÁCIO, F. M. O.; SILVA, M. D. de B.; do AMARANTE, C. B.; das NEVES, P. A. P. F. G. **Determinação do teor de metais em chás de plantas medicinais enciclopédia biosfera.** Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 3396-3407, 2015.
- BASU, A.; LUCAS, E. A. **Mechanisms and effects of green tea on cardiovascular health.** *Nutr Rev*, v.65, p.361-375, 2007.
- BERETRON, R. G. **Chemometrics: Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant.** Inglaterra: Wiley, 489 p., 2003.
- BOTELHO, B. G.; REIS, N.; OLIVEIRA, L. S.; SENA, M. M. **Development and Analytical Validation of a screening method for simultaneous detection of five adulterants in raw milk using mid-infrared spectroscopy and PLS-DA.** *Food Chemistry*, v. 181, n. 1, p.31-37, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição: material de apoio para profissionais de saúde /** Ministério da Saúde, Universidade Federal de Minas Gerais. Brasília, 164p., 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Brasil: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042\\_29\\_08\\_2013.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html). Acesso em: 6 nov. 2020.
- FAO/WHO. **Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF.** 12th Session. Utrecht, Holanda, 2018.
- FERNANDEZ, P. L. *et al.* **Study of catechin and xanthine tea profile as geographical tracers.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, n. 7, p. 1833-1839, 2002.
- FERNÁNDEZ-CÁCERES, P. L.; MARTÍN, M. J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A. G. **Differentiation of tea (*Camellia sinensis*) varieties and their geographical origin according to their metal content.** *J. Agric. Food Chem*, 49, p.4775–4779, 2001.
- GINÉ, M. F. **Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES).** Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, USP, Piracicaba-SP, 149p., 1999.

HAIR, J. E., BLACK, W. C., BABIM, B. J., ANDERSON, R. E., THATAM, R. **Análise Multivariada de Dados**. Editora Bookmam, 6ª edição. 688 p., 2009.

HÖSKULDSSON, A. **PLS Regression Methods**. *Journal of Chemometrics*, v. 2, n. 1, p.211-228, 1988.

JESZKA-SKOWRON, M.; KRWCZYAK, M.; ZGOLA-GRZESKOWIAK, A. **Determination of antioxidant activity, rutin, quercetin, phenolic acids and trace elements in tea infusions: Influence of citric acid addition on extraction of metals**. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, p.70–77, 2015.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Agentes tóxicos contaminantes indiretos de alimentos**. In: TOXICOLOGIA de alimentos. São Paulo: Varela, Cap. 4, p.163-252. 2000.

MILANI, R. F.; MORGANO, M. A.; CADORE, S. **Trace elements in Camellia sinensis marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure**. *LWT – Food Science and Technology*. Vol. 68 p. 491-498. 2016.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. **Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados**. *Química Nova*, v. 21, n. 4, p.467-468, 1998.

PETRY, Cristiane Franchi. **Determinação de elementos traço em amostras ambientais por ICP-OES**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

POHL, P.; SZYMCZYCHA-MADEJA, A.; STELMACH, E.; WELNA, M. **Multivariate data reduction and discrimination of black and green teas due to the physical fractionation pattern of selected metals determined in their infusions**. *Talanta*, 160, p.314-324, 2016.

RICCI, A.; PARPINELLO, G. P.; PALMA, A.S.; TESLIĆ, N.; BRILLI, C.; PIZZI, A.; VERSARI, A. **Analytical profiling of food-grade extracts from grape (*Vitisvinifera* sp.) seeds and skins, green tea (*Camellia sinensis*) leaves and Limousin oak (*Quercusrobur*) heartwood using MALDI-TOF-MS, ICP-MS and spectrophotometric methods**. *Journal of Food Composition and Analysis*, 59, p.95-104, 2017.

RUIZ-PEREZ, D.; NARASIMAHN, G. **So you think you can PLS-DA?** bioRxiv, pré-impressão, Bioinformatics; p.1-8, 2018.

SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008

SENGER, A. E. V.; SCHWANKE, C. H. A.; GOTTIEB, M. G. V. **Chá verde (*Camellia sinensis*) e suas propriedades funcionais nas doenças crônicas não transmissíveis**. *Scientia Medica*. Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 292-300, 2010.

SERAPINAS, P., VENSKUTONIS, P. R., ANINKEVICIUS, V., EZERINSKIS, Z., GALDIKAS, A., JUZIKIEME. **Step by step approach to multi-element data analysis in testing the provenance of wine**. *Food Chemistry*, 107, p.1652-1660. 2008.

SILVA, B. C. da; SILVA, F.; MICHELIN, D. C. **Avaliação da qualidade de amostras de *Camellia Sinensis* (L.) Kuntze (Theaceae) comercializadas no município de Araras – SP.** Rev. Ciênc Farm Básica Apl. Vol 34 (2), p. 245-250, 2013.

SKOOG, D. A.; WEST, M.D.; HOLLER, F.J.; CROUCH, S.R. **Fundamentos de Química Analítica**, 8ª edição, Ed. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2009.

SOUZA, L. M. de. **Controle de qualidade de óleos de linhaça e ginkgo biloba usando espectrometria no infravermelho médio e ferramentas quimiométricas.** 2018. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

TREVIZAN, L. C.; NÓBREGA, J. A. **ICP-OES with axially viewed configuration: an overview of applications.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v.18, n.4, p.678-690, 2007.

WEHRENS, R. **Chemometrics with R: Multivariate Data Analysis in the Natural Sciences and Life Sciences.** Berlin: Springer, 2011.

## 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)

