



AS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA NO SÉCULO XXI 2

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2019

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] : volume 2 / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-680-5 DOI 10.22533/at.ed.805190710 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos. III. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI,” que encontra-se em seu segundo volume, foi idealizada para compilar trabalhos que demonstrassem os novos desdobramentos da pesquisa científica no século XXI. Em seus 24 capítulos, procura-se apresentar a o leito de discussões alinhadas aos eixos temáticos, como agricultura, engenharia, educação, estatística e tecnologias, havendo também espaço para perspectivas multidisciplinares a partir de trabalhos que permeiam diferentes segmentos da grande área. Na primeira parte da obra, que trata sobre agricultura, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, precipitação pluviométrica, necessidade hídrica de plantas, estudos fitoquímicos, recuperação, reuso e restauração de áreas degradadas, dentre outros. Na segunda parte, são abordados estudos sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, uso do sensoriamento remoto, e comparação entre diferentes métodos de nivelamento.

Na terceira parte, estão agrupados trabalhos que envolvem vertentes econômicas, experiências educacionais, e uso da realidade virtual no processo de aprendizagem.

Na quarta e última parte, são contemplados estudos acerca de questões tecnológicas, envolvendo linguagem estatística, e aplicação de moedas digitais.

Com grande relevância, os trabalhos aqui apresentados estarão disponíveis ao grande público e colaborarão para a difusão de conhecimentos no âmbito técnico e acadêmico.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem pelo empenho dos autores que não mediram esforços ao compartilhar, em sua melhor forma, os resultados de seus estudos por meio da presente obra. Desejamos que as informações difundidas por meio desta obra possam informar e provocar reflexões significativas, contribuindo para o fortalecimento desta grande área e de suas vertentes.

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DISPONIBILIDADE DE ZN EM SOLOSSUPER ADUBADOS EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR	
Ingrid Luciana Rodrigues Gomes	
Maria Tairane Silva	
Idamar da Silva Lima	
Airon José da Silva	
Carlos Alexandre Borges Garcia	
Silvânio Silvério Lopes da Costa	
Marcos Cabral de Vasconcellos Barreto	
DOI 10.22533/at.ed.8051907101	
CAPÍTULO 2	9
ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Ricardo André Rodrigues Filho	
Rafael Oliveira Batista	
Ana Beatriz Alves de Araújo	
Juli Emille Pereira de Melo	
Rayane Alves de Arruda Santos	
Ana Luiza Veras de Souza	
Antônio Diego da Silva Teixeira	
Emmilia Priscila Pinto do Nascimento	
Taís Mendonça da Trindade	
Wellyda Keorle Barros de Lavôr	
Igor Apolônio de Oliveira	
Elioneide Jandira de Sales	
DOI 10.22533/at.ed.8051907102	
CAPÍTULO 3	24
DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)	
Suelen Andolfatto	
Camila Kulek de Andrade	
Maria Lurdes Felsner	
DOI 10.22533/at.ed.8051907103	
CAPÍTULO 4	36
COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE 12 CIDADES PARAENSES	
Whesley Thiago dos Santos Lobato	
Antonio Maricélio Borges de Souza	
Maurício Souza Martins	
Luã Souza de Oliveira	
Bruno Maia da Silva	
Maria Sidalina Messias de Pina	
Daniella Amor Cunha da Silva	
Antonio Elson Ferreira Borges	
Arthur da Silva Monteiro	
Lucas Guilherme Araujo Soares	
Caio Douglas Araújo Pereira	
Lívia Tálita da Silva Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.8051907104	

CAPÍTULO 5 48

NECESSIDADES HÍDRICAS E ÍNDICES DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM
(*SESAMUM INDICUM L.*) BRS ANAHÍ IRRIGADO

Isaac Alves da Silva Freitas
José Espínola Sobrinho
Anna Kézia Soares de Oliveira
Ana Beatriz Alves de Araújo
Roberto Vieira Pordeus
Poliana Marias da Costa Bandeira
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Tecla Ticiane Félix da Silva
Fernanda Jéssika Carvalho Dantas
Alcimar Galdino de Lira
Alricélia Gomes de Lima
Kadidja Meyre Bessa Simão

DOI 10.22533/at.ed.8051907105

CAPÍTULO 6 58

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM EMPRESAS DO SETOR AGROFLORESTAL

Robert Armando Espejo
Rildo Vieira de Araújo
Michel Constantino
Reginaldo Brito da Costa
Paula Martin de Moraes
Vanessa Aparecida de Moraes Weber
Fabricio de Lima Weber
Fabiano Dotto

DOI 10.22533/at.ed.8051907106

CAPÍTULO 7 68

ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS: PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Júlia Terra Miranda Machado
Lilian Bechara Elabras Veiga
Maria Gabriela von Bochkor Podcameni

DOI 10.22533/at.ed.8051907107

CAPÍTULO 8 81

ESTUDO TEÓRICO SOBRE COMO REALIZAR UM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MELADO DE
ALGAROBA (*PROSOPIS JULIFLORA SW DC*)

Karina da Silva Falcão
Alan Henrique Texeira
Clóvis Gouveia da Silva
Mirela Mendes de Farias
Zildomar Aranha de Carvalho Filho

DOI 10.22533/at.ed.8051907108

CAPÍTULO 9 89

ESTUDO QUÍMICO E FARMACOLÓGICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS* (PARKINSON) FOSBERG

Alice Joana da Costa
Mônica Regina Silva de Araújo
Beatriz Dias
Chistiane Mendes Feitosa
Renata Paiva dos Santos
Daniele Alves Ferreira
Felipe Pereira Silva de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.8051907109

CAPÍTULO 10 101

ESTUDO FITOQUÍMICO DE *HYMENAEA COURBARIL* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

Breno Múmic Sequeira
Romeu Machado Rocha Neto
Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino
Daniele da Silva Ferreira
Lizandra Guidi Magalhães
Patrícia Mendonça Pauletti
Ana Helena Januário
Márcio Luis Andrade e Silva
Wilson Roberto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.80519071010

CAPÍTULO 11 115

ESTUDO SOBRE R&R PARA PRODUTOS DO LABORATÓRIO PILOTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Karina da Silva Falcão
Lígia de Oliveira Franzosi Bessa
Manoel Teodoro da Silva
Renata Rayane da Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.80519071011

CAPÍTULO 12 123

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS:
UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz
Sebastião Gomes Silva
Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra
Oberdan Oliveira Ferreira
Jose de Arimateia Rodrigues do Rego
Marcos Enê Chaves Oliveira
Daniel Santiago Pereira
Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Mozaniel Santana de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.80519071012

CAPÍTULO 13 132

PROJETO DE RECUPERAÇÃO, REUSO E RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MORRO REDONDO/RS

Thiago Feijó Bom
Pedro Andrade Coelho
Matheus Acosta Flores
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.80519071013

CAPÍTULO 14 145

AHP – PROPOSTA PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS E ALGUNS ASPETOS DIVERGENTES

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho
José da Costa Marques Neto
Rodrigo Eduardo Córdoba

DOI 10.22533/at.ed.80519071014

CAPÍTULO 15 158

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, TRIGONOMÉTRICO E POR GNSS EM UMA RODOVIA

Kézia de Castro Alves
Francisca Vieira Nunes
Guilherme Ferreira Gonçalves
Fábio Campos Macedo
Pedro Rogério Giongo

DOI 10.22533/at.ed.80519071015

CAPÍTULO 16 166

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior
Neyton de Oliveira Miranda
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros
Suedêmio de Lima Silva
Paulo César Moura da Silva
Erllan Tavares Costa Leitão
Ana Beatriz Alves de Araújo
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Poliana Maria da Costa Bandeira
Gleydson de Freitas Silva
Isaac Alves da Silva Freitas
Tháís Cristina de Souza Lopes

DOI 10.22533/at.ed.80519071016

CAPÍTULO 17 179

A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E SUAS VERTENTES ECONÔMICAS

Gustavo Tavares Corte
Beatriz Valentim Mendes
Steven Dutt-Ross

DOI 10.22533/at.ed.80519071017

CAPÍTULO 18	189
SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL	
Deíne Bispo Miranda	
Paulo Coelho Dias	
Maria Cristina Madeira Da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.80519071018	
CAPÍTULO 19	199
CLUBE DE CIÊNCIAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS E IMPRESSÕES DOS ALUNOS	
Teresinha Guida Miranda	
Alice Silau Amoury Neta	
Jussara da Silva Nascimento Araújo	
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa	
Normando José Queiroz Viana	
Alessandra de Rezende Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071019	
CAPÍTULO 20	212
O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO FACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM NEUROCIENTÍFICA COGNITIVA NOS TEMAS DE CIÊNCIAS	
Welberth Stefan Santana Cordeiro	
Zara Faria Sobrinha Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.80519071020	
CAPÍTULO 21	222
CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS	
Lucas José Gonçalves Freitas	
Marcelo dos Santos Ventura	
DOI 10.22533/at.ed.80519071021	
CAPÍTULO 22	226
O TEOREMA DA COMPLETUDE	
Angela Leite Moreno	
Michele Martins Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.80519071022	
CAPÍTULO 23	243
REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA	
Thales Cerqueira Mendes	
Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro	
Luana da Silva Souza	
Lívia Nildete Barauna dos Santos	
Ester Vitória Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071023	

CAPÍTULO 24 254

PICTOGRAMA: ELABORAÇÃO EM LINGUAGEM R

Willian Alves Lion

Beatriz de Oliveira Rodrigues

Felipe de Melo Taveira

Flávio Bittencourt

Adriana Dias

DOI 10.22533/at.ed.80519071024

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 265

ÍNDICE REMISSIVO 266

DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)

Suelen Andolfatto

Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Departamento de Química, Guarapuava, PR.

Camila Kulek de Andrade

Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Departamento de Química, Guarapuava, PR.

Maria Lurdes Felsner

Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Departamento de Química, Guarapuava, PR.

RESUMO: Neste trabalho foi realizada, de forma inédita, a validação intralaboratorial da amostragem em suspensão aplicada na determinação de Mg, Mn, Fe e Zn em melado de cana por F AAS avaliando-se os parâmetros: linearidade, limites de detecção e de quantificação, precisão e exatidão. Foram empregadas curvas analíticas de padrão externo para todos os elementos analisados, e estas apresentaram boa linearidade na faixa de concentração investigada, com valores de $F_{regressão} \gg F_{crítico}$ e sem falta de ajuste do modelo linear. Os limites de quantificação foram baixos, com valores de 0,07; 0,03; 0,12 e 0,02 mg L⁻¹ para Mn, Zn, Fe e Mg, respectivamente, demonstrando a sensibilidade da metodologia avaliada. A precisão foi verificada pela comparação de variâncias ponderadas entre dois métodos de preparo de amostra (amostragem em suspensão e digestão por via

úmida), aplicando-se um teste-*F*. Os valores de $F_{calculado}$ para todos os metais foram inferiores ao valor de $F_{crítico}$ com $p > 0,05$, comprovando que não existem diferenças significativas de precisão entre os métodos comparados. Na avaliação da exatidão, os resultados do teste-*t* pareado confirmaram que não existem diferenças significativas de exatidão entre os métodos de preparo de amostra, pois os valores de $t_{observado}$ apresentaram-se inferiores ao valor de $t_{crítico}$ com $p > 0,05$. Desta forma, sugere-se que a amostragem em suspensão pode ser aplicada na análise direta de metais em melado de cana em laboratórios de controle de qualidade e de fiscalização, com vantagens em relação aos métodos tradicionais de preparo de amostra como rapidez, baixo custo e redução de resíduos tóxicos.

PALAVRAS-CHAVE: melado de cana, metais, amostragem em suspensão, F AAS, validação de métodos.

FAST DETERMINATION OF MN, ZN, FE AND MG IN CANE SYRUPS BY FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY (F AAS)

ABSTRACT: In this work, the intralaboratorial validation of the slurry sampling applied in the determination of Mg, Mn, Fe and Zn in cane syrups by F AAS was carried out evaluating the following parameters: linearity, limits of

detection and quantification, precision and accuracy. External standard analytical curves were used for all the analyzed elements, and these showed good linearity in the concentration range investigated, with values $F_{regression} \gg F_{critical}$ and without lack of fit of the linear model. Quantification limits were low, with values of 0.07; 0.03; 0.12 and 0.02 mg L⁻¹ for Mn, Zn, Fe and Mg, respectively, demonstrating the sensibility of the methodology evaluated. Precision was verified by comparison of weighted variances between two sample preparation methods (slurry sampling and wet digestion) by applying an *F-test*. The values of $F_{calculated}$ for all metals were inferior to the $F_{critical}$ value with $p > 0.05$, proving that there are no significant differences of precision between the methods compared. In the evaluation of the accuracy, the results of the *paired t-test* confirmed that there were no significant differences of accuracy between the sample preparation methods, since the $t_{observed}$ values were lower than the $t_{critical}$ value with $p > 0.05$. In this way, it is suggested that the slurry sampling can be applied in the direct analysis of metals in cane syrups in laboratories of quality control and inspection with advantages over traditional methods of preparation of sample such as speed, low cost and reduction of toxic waste.

KEYWORDS: cane syrup, metals, slurry sampling, F AAS, method validation.

1 | INTRODUÇÃO

O melado de cana é um líquido xaroposo, obtido pela evaporação do caldo de cana ou a partir da rapadura, por processos tecnológicos adequados (ANVISA, 2005). Este produto vem recebendo boa aceitação pelos consumidores devido aos seus teores de açúcares, minerais (Fe, Mn, Ca, K e Zn) e vitaminas, sendo considerado um alimento altamente nutritivo e versátil, uma vez que pode ser consumido puro (melado de cana) ou como ingrediente para o preparo de outros produtos, como biscoitos, bolos, bebidas, balas, entre outros (CABALLERO et al., 2003; CARVALHO, 2007).

Entretanto, para garantir a segurança alimentar deste alimento, é fundamental caracterizá-lo de acordo com seus valores nutricionais (MILIKAN, 2012). Metais como Fe, Cu, Zn, Mn e Cr são considerados essenciais para a saúde humana, uma vez que desempenham diversas funções no organismo, atuando no metabolismo de enzimas, no desenvolvimento dos ossos e na regulação da glicose, entre outros (FRAGA, 2005; GUPTA e GUPTA, 2014). Por outro lado, a presença destes elementos em níveis maiores que o necessário para a dieta humana, pode produzir efeitos adversos, se tornando altamente tóxicos para os seres humanos (FRAGA, 2005). Desta forma, torna-se relevante determinar os teores de metais em matrizes alimentares, em especial no melado de cana, com o objetivo de definir sua ação essencial ou tóxica e assim garantir uma dieta adequada através da alimentação (GÜRKAN et al., 2013).

A determinação de metais em alimentos é comumente realizada por técnicas de espectrometria atômica, tais como, a espectrometria de absorção atômica em chama (F AAS) (POHL et al., 2014; RODRÍGUEZ-SOLANA et al., 2014), espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) (LLORENT-MARTÍNEZ et al.,

2012), a espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) (CINDRIĆ et al., 2012) e a espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GF AAS) (ANDRADE et al., 2014; SANTOS et al., 2018). Embora considerada antiga, a técnica de F AAS é amplamente empregada em laboratórios de pesquisa, de indústrias e de controle de qualidade, para a determinação de íons metálicos em diferentes matrizes (MILIKAN, 2012; GÜRKAN e ALTUNAY, 2015). Sua ampla utilização pode ser justificada pela boa seletividade e precisão nas medições, pequenos efeitos de matriz e pelo baixo custo de aquisição e manutenção do equipamento (POHL, 2009; POHL e SERGIEL, 2010; GÜRKAN e ALTUNAY, 2015).

Todavia, a determinação de metais por F AAS em matrizes complexas, tais como o melado de cana, não é uma tarefa simples devido ao elevado conteúdo de compostos orgânicos presentes (BRANDÃO et al., 2012). Desta forma, procedimentos tradicionais de preparo de amostra como a digestão por via seca, a digestão por via úmida e a digestão assistida por micro-ondas (LLORENT-MARTÍNEZ et al., 2012; AKINYELE e SHOKUNBI, 2015) normalmente são empregados, tornando mais fácil a liberação do metal de interesse e posterior detecção do mesmo (NUNES et al., 2013). Porém, estes procedimentos, além de morosos, necessitam de grandes volumes de reagentes, produzem resíduos tóxicos, podem causar contaminação da amostra ou perdas do analito de interesse por volatilização, além de oferecer riscos ao analista (KORN et al., 2008; GROMBONI et al., 2010; KHAJEH e SANCHOOLI, 2010).

Com o intuito de eliminar e/ou minimizar estes inconvenientes e a tendência recente em desenvolver, otimizar e validar metodologias analíticas mais limpas, rápidas e precisas, tem-se impulsionado o desenvolvimento de novos métodos de preparo de amostra como a amostragem em suspensão e a extração assistida por ultrassom (ANDRADE et al., 2018; SANTOS et al., 2018; SANTOS et al., 2019).

A utilização da amostragem em suspensão para a determinação de Mn, Zn, Fe e Mg em amostras de melado de cana (sem o pré-tratamento da amostra) é um avanço atraente para química analítica, uma vez que não foram encontrados trabalhos na literatura fazendo uso da técnica de F AAS para tal fim. Pohl e Sergiel (2010) empregaram a amostragem em suspensão para a determinação de Cu, Fe e Mn em amostras de mel utilizando apenas a diluição em água, e os resultados não apresentaram diferenças significativas quando comparados com um método de referência (digestão por via úmida). A simples dissolução da amostra em água oferece diversas vantagens quando comparada aos procedimentos convencionais de preparo de amostra, pois limita a utilização de solventes tóxicos, além de reduzir o tempo de preparo da amostra, diminuir a perda do analito por volatilização (como Cu, Fe e Zn) ou ainda minimizar possíveis contaminações da solução (POHL, 2009; POHL e SERGIEL, 2010; POHL et al., 2011).

Neste contexto, torna-se relevante desenvolver e validar métodos rápidos, diretos e precisos para a determinação de metais em alimentos com altos teores de açúcares. Além de não serem encontrados trabalhos mostrando a presença de metais

em melado de cana, e considerando a dificuldade de preparo de amostras açucaradas, este trabalho descreve a validação e a aplicação da amostragem em suspensão como preparo de amostra para a determinação rápida de Mn, Zn, Fe e Mg em amostras de melado de cana por F AAS.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras

Neste trabalho foram utilizadas onze amostras de melado de cana (M01 a M08, M10 a M12) produzidas em diferentes estados do Brasil e por diferentes fabricantes que foram adquiridas em casas de produtos naturais e supermercados no período de 2012 a 2015, e uma amostra de melaço de cana produzida em Winnipeg, Canadá (M09).

2.2 Reagentes e soluções analíticas

Todos os reagentes foram de grau analítico e todas as soluções foram preparadas com água ultrapura obtida através do sistema de purificação TKA- GenPure (Thermo Scientific, Alemanha). As soluções analíticas dos íons metálicos de Mn, Zn, Fe e Mg foram preparadas diariamente a partir de diluições de soluções padrão de 1000 mg L⁻¹ (SpecSol) até a concentração desejada.

2.3 Equipamentos e parâmetros instrumentais

A determinação de Mn, Fe, Zn e Mg foi conduzida em um espectrômetro de absorção atômica (Varian, AA 220) com chama de ar/acetileno na vazão de 3,5 L min⁻¹ e 1,5 L min⁻¹, respectivamente, equipado com lâmpadas de cátodo oco para cada elemento analisado. Para a análise de Mn, Mg e Zn foram utilizadas lâmpadas multielementares (Agilent, Photron) operando em 279,5 nm com corrente de 4,0 mA e largura de fenda de 0,2 nm (Mn); 285,2 nm, com corrente de 0,4 mA e largura de fenda de 0,5 nm (Mg); 213,9 nm com uma corrente de lâmpada de 5 mA e largura de fenda de 1 nm (Zn). Para a análise de Fe foi utilizada uma lâmpada monoelementar (Varian) operando em 248,3 nm, com corrente de 5 mA e largura de fenda de 0,2 nm.

Os materiais utilizados foram previamente lavados com detergente neutro e enxaguados com água destilada e com água ultrapura. Em seguida, foram mantidos em banho de ácido nítrico 5% (v/v) por aproximadamente 24 h. Por fim, os materiais foram enxaguados duas vezes com água ultrapura e secos em bandejas plásticas previamente descontaminadas.

2.4 Preparo de Amostra

2.4.1 Amostragem em Suspensão

Para a amostragem em suspensão foi adotado o procedimento descrito por Andolfatto (2016) sem modificações. Para Mn, Zn e Fe a relação massa/volume utilizada foi de 2,0 a 3,5 g de amostra de melado de cana dissolvidos em 25 mL de água ultrapura, enquanto que para o Mg utilizou-se de 0,1 a 0,5 g de amostra dissolvida para 100 mL. Diluições foram realizadas quando necessário. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

2.4.2 Digestão por Via Úmida

A digestão por via úmida foi realizada de acordo com o método descrito por Pohl et al. (2011), com modificações. Após a pesagem da amostra em béquer de 100 mL, foram adicionados 10 mL de HNO₃ (1:1, v/v) e em seguida, a solução foi coberta com vidro de relógio e deixada sob aquecimento em banho de areia a 100 ± 10 °C, durante 3 horas. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de H₂O₂ (35%, m/v) e a solução foi aquecida sob as mesmas condições até próximo à secura. Por fim, a solução foi transferida quantitativamente para um balão volumétrico e diluída com água ultrapura até o volume final. O mesmo procedimento foi adotado para o preparo dos brancos analíticos, em que a amostra de melado foi substituída por água ultrapura. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

2.5 Validação do método

Para a validação intralaboratorial da amostragem em suspensão foram avaliados os parâmetros de linearidade, limites de detecção e de quantificação, precisão e exatidão, de acordo com recomendações de guias e de artigos da literatura (ARAUJO, 2009; AOAC, 2012; ANVISA, 2017; INMETRO, 2018; NATA, 2018). Todos os dados foram avaliados no nível de 95% de confiança utilizando o software estatístico *Minitab* for Windows versão 16.2.2 (MINITAB 2010, Minitab Incorporation, EUA, 2010).

2.5.1 Curvas Analíticas e Linearidade

As curvas analíticas foram construídas por dois métodos distintos: padronização externa (PE) com diluição dos padrões metálicos em solução aquosa; e padronização com simulação de matriz (SM) com diluição dos padrões em uma solução de açúcares contendo 1% (m/v) de glicose e 1% (m/v) de sacarose. O objetivo deste estudo foi investigar a presença de interferências da matriz de melado de cana na determinação dos metais avaliados. As curvas de calibração foram construídas dentro da faixa linear de cada elemento (0,3 a 1,5 mg L⁻¹ para Mn, 0,1 a 1,2 mg L⁻¹ para Zn, 1,0 a 5,0 mg L⁻¹ para Fe e 0,2 a 0,8 mg L⁻¹ para Mg) sendo cada ponto analisado em duplicata. A linearidade das curvas analíticas foi avaliada pela aplicação da técnica de regressão

linear e do teste de falta de ajuste (ARAUJO, 2009).

2.5.2 Limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ)

Os valores de LD e LQ foram estimados utilizando os dados da equação da curva analítica de padrão externo de cada metal (ARAUJO, 2009). A determinação dos respectivos limites foi realizada a partir do desvio padrão (S_B) de 10 medidas consecutivas do controle analítico (branco) e do coeficiente angular (b) da curva analítica, de acordo com as equações: $LD = (3,3 S_B/b)$ e $LQ = (10 S_B/b)$.

2.5.3. Exatidão

A exatidão foi avaliada pela comparação dos resultados da amostragem em suspensão com os dados da digestão por via úmida, aplicando-se um teste- t pareado, nas doze amostras de melado de cana avaliadas (WERNIMONT, 1985).

2.5.4 Precisão

A precisão foi avaliada através da comparação das variâncias ponderadas (S_p^2) de cada um dos métodos de preparo de amostra (amostragem em suspensão e digestão por via úmida), pela aplicação de um teste- F e pelo cálculo de intervalos de confiança para a razão entre as variâncias ponderadas (WERNIMONT, 1985).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Curvas analíticas e linearidade

A melhor forma de calibração para a quantificação de Mn, Zn, Fe e Mg em melado de cana empregando a técnica de F AAS foi estudada avaliando-se dois métodos de padronização (padrão externo e simulação de matriz). Para cada metal avaliado foram construídas curvas analíticas em dois meios distintos: em solução aquosa e em solução contendo 1% (m/v) de glicose e 1% (m/v) de sacarose. O estudo das curvas analíticas foi realizado com o objetivo de verificar se a matriz de melado de cana poderia interferir na determinação de metais por F AAS. Além da forma de calibração, também foi avaliada a linearidade das curvas através de testes estatísticos, em um nível de 95% de confiança. Estes resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

A comparação dos intervalos de confiança das curvas analíticas de PE e de SM (Tabela 1) para todos os metais confirmaram a ausência de efeito de matriz significativa. Desta forma, as determinações de Mn, Zn, Fe e Mg em amostras de melado de cana foram realizadas por curvas analíticas de padrão externo. No entanto, para verificar se os resultados são linearmente proporcionais à concentração do analito de interesse, dentro da faixa especificada, foi realizado o estudo de linearidade das curvas analíticas

(ARAÚJO, 2009; NATA, 2018) e os resultados são mostrados na Tabela 2.

Metal	Faixa Linear (mg L ⁻¹)	Tipo de Calibração ^a	Parâmetros da regressão linear		
			Equação da reta ^b	r	R ²
Mn	0,3 – 1,5	PE	A = 0,00163 + 0,0543 (±0,003) [Mn]	0,998	99,6
Mn		SM	A = -0,00346 + 0,0529 (±0,003) [Mn]	0,997	99,5
Zn	0,1 – 1,2	PE	A = -0,0306 + 0,0610 (±0,004) [Zn]	0,996	99,2
Zn		SM	A = -0,0305 + 0,0572 (±0,002) [Zn]	0,998	99,7
Fe	1,0 – 5,0	PE	A = 0,0029 + 0,0682 (±0,004) [Fe]	0,998	99,5
Fe		SM	A = 0,0182 + 0,0673 (±0,006) [Fe]	0,993	98,7
Mg	0,2 – 0,8	PE	A = 0,0305 + 0,2550 (±0,015) [Mg]	0,998	99,6
Mg		SM	A = 0,0433 + 0,2530 (±0,019) [Mg]	0,996	99,3

Tabela 1 - Parâmetros das curvas analíticas aplicadas na quantificação de Mn, Zn, Fe e Mg em melado de cana por FAAS.

^aPE = calibração por padrão externo e SM = calibração por simulação de matriz; ^bos intervalos de confiança da inclinação das curvas de PE e de SM são apresentados entre parênteses na equação da reta

Validação de Linearidade						
Metal	Faixa Linear (mg L ⁻¹)	Tipo de Calibração ^c	Regressão		Falta de ajuste	
			F _{obs.}	Valor de p	F _{faj}	Valor de p
Mn	0,3 – 1,5	PE	2149,5 ^a	0,000	0,63 ^c	0,629
Mn		SM	1828,3 ^a	0,000	0,38 ^c	0,773
Zn	0,1 – 1,2	PE	1130,4 ^a	0,000	1,32 ^c	0,367
Zn		SM	3412,2 ^a	0,000	3,91 ^c	0,088
Fe	1,0 – 5,0	PE	1934,1 ^a	0,000	0,98 ^c	0,471
Fe		SM	689,1 ^a	0,000	0,42 ^c	0,748
Mg	0,2 – 0,8	PE	1715,5 ^b	0,000	2,78 ^d	0,175
Mg		SM	1007,9 ^b	0,000	0,01 ^d	0,986

Tabela 2 - Avaliação estatística da linearidade das curvas analíticas para a quantificação de Mn, Zn, Fe e Mg em melado de cana por FAAS.

$${}^aF_{\text{crítico}}(0,05;1,8) = 5,318; {}^bF_{\text{crítico}}(0,05; 1,6) = 5,987; {}^cF_{\text{crítico}}(0,05;3,5) = 5,409; {}^dF_{\text{crítico}}(0,05; 2, 4) = 6,940$$

Os elevados valores de $F_{regressão}$ indicaram que os modelos gerados pelos dados das curvas analíticas estabelecem uma relação linear entre a concentração e a absorvância, para todos os metais avaliados (NATA, 2018). Esse fato é ressaltado pelos valores de $p = 0,000$, indicando que dentro do nível de significância utilizado (95% de confiança), os valores de $F_{regressão}$ são altamente significativos (ARAUJO, 2009). Para verificar se os modelos lineares se ajustavam bem aos dados experimentais foi aplicado um teste de falta de ajuste, no mesmo nível de confiança (Tabela 2). Para todas as curvas analíticas avaliadas, os valores de F_{faj} foram inferiores aos valores de $F_{crítico}$ com $p > 0,05$. Tal comportamento sugere que a regressão linear é altamente significativa para todas as curvas analíticas estudadas, sem falta de ajuste dos modelos lineares e que estas podem ser utilizadas para a determinação de Mn, Zn, Fe e Mg em amostras de melado de cana por F AAS.

3.2 Limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ)

Asensibilidade foi avaliada por meio dos limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ). Os valores de LD e de LQ para o método de amostragem em suspensão foram de 0,02 e 0,07 mg L⁻¹ para Mn, 0,01 e 0,03 mg L⁻¹ para Zn, 0,03 e 0,12 mg L⁻¹ para Fe, 0,01 e 0,02 mg L⁻¹ para Mg, respectivamente.

Tendo em vista que os valores de LD e de LQ para os quatro metais foram inferiores aos primeiros pontos das curvas analíticas assume-se que os analitos podem ser quantificados com precisão e exatidão adequadas na faixa linear de concentrações investigadas (INMETRO, 2018). Como não foram encontrados trabalhos envolvendo o desenvolvimento e a validação de técnicas de espectrometria atômica usando a amostragem em suspensão para amostras de melado de cana, os valores de LD e de LQ deste estudo foram considerados adequados.

É válido ressaltar que os limites de quantificação do método proposto de amostragem em suspensão apresentaram valores inferiores aos determinados pelo método de digestão por via úmida (valores de LD e LQ de 0,05 e 0,16 mg L⁻¹ para Mn, 0,17 e 0,57 mg L⁻¹ para Zn, 0,10 e 0,33 mg L⁻¹ para Fe e de 0,01 e 0,03 mg L⁻¹ para Mg, respectivamente). Os limites foram melhorados por um fator de 2,0 para o Mn, 20,0 para o Zn, 3,0 para o Fe e 2,0 para o Mg. Este melhoramento dos limites pode ser explicado pelo método de amostragem em suspensão limitar o uso de outros reagentes e de temperaturas elevadas, ou seja, o preparo da amostra é realizado pela simples diluição da amostra de melado em água, diminuindo a possibilidade de contaminação da solução e desta forma, aumentando a sensibilidade do método.

3.3 Precisão e exatidão

As estimativas de precisão e de exatidão dos métodos de preparo de amostra comparados neste trabalho foram avaliadas por diferentes testes estatísticos

considerando os teores dos metais determinados em doze amostras de melado de cana os quais foram expressos como médias e desvios padrão (Tabela 3).

Para os metais Mn, Zn, Fe e Mg foi possível observar que a partir da análise do teste-*F* de comparação das variâncias dos métodos de preparo de amostra (Tabela 3) não existem diferenças significativas entre a precisão da amostragem em suspensão em relação ao método de referência (digestão por via úmida), pois os valores de $F_{\text{calculado}}$ (1,19 para Mn, 1,07 para Zn, 1,54 para Fe e 3,03 para Mg) foram inferiores ao valor de $F_{\text{crítico}}$ (3,72) com $p > 0,05$. Para confirmar a precisão dos métodos de preparo de amostra, foram construídos intervalos de confiança para a razão das variâncias de cada um dos metais avaliados, no nível de 95% de confiança. Os intervalos de confiança (0,41 – 4,96 para Mn, 0,33 – 3,51 para Zn, 0,47 – 5,06 para Fe e 0,92 – 9,91 para Mg) apresentam limites inferiores a 1, confirmando que não existem diferenças significativas de precisão entre os métodos de preparo de amostra estudados (WERNIMONT, 1985).

A análise do teste-*t* pareado dos dados apresentados na Tabela 3, sugeriu que não existem diferenças significativas nos teores de Mn, Zn, Fe e Mg determinados pela amostragem em suspensão em relação aos resultados da digestão por via úmida, uma vez que os valores encontrados de $t_{\text{observado}}$ (0,17 para Mn, 1,68 para Zn, 1,22 para Fe e 1,58 para Mg) apresentaram-se inferiores ao valor do $t_{\text{crítico}}$ (2,228) com valor de $p > 0,05$.

Desta forma, o procedimento de amostragem em suspensão apresenta exatidão adequada em relação a digestão por via úmida para determinação de Mn, Zn, Fe e Mg em amostras de melado de cana por F AAS.

Amostra	Concentração Média (mg 100 g ⁻¹) ± DP							
	Mn		Zn		Fe		Mg	
	AS	VU	AS	VU	AS	VU	AS	VU
M 01	0,48 ± 0,01	0,52 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,95 ± 0,02	1,11 ± 0,01	71,2 ± 0,9	71,3 ± 0,3
M 02	0,77 ± 0,06	0,90 ± 0,02	0,52 ± 0,00	0,62 ± 0,09	5,65 ± 0,07	5,11 ± 0,02	43,9 ± 0,1	41,7 ± 0,1
M 03	0,37 ± 0,03	0,35 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,19 ± 0,04	8,79 ± 0,13	8,39 ± 0,09	58,0 ± 0,4	54,1 ± 0,1
M 04	0,97 ± 0,01	0,93 ± 0,02	0,26 ± 0,00	0,29 ± 0,01	3,24 ± 0,03	3,59 ± 0,03	44,5 ± 1,1	40,6 ± 0,3
M 05	1,79 ± 0,00	1,90 ± 0,02	0,77 ± 0,00	0,76 ± 0,02	2,55 ± 0,02	2,76 ± 0,06	67,7 ± 0,5	64,7 ± 1,1
M 06	1,98 ± 0,03	1,99 ± 0,01	0,55 ± 0,00	0,57 ± 0,00	6,56 ± 0,05	7,2 ± 0,2	87,0 ± 0,7	76,2 ± 0,4

M 07	0,48 ± 0,01	0,53 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,20 ± 0,00	4,53 ± 0,00	4,68 ± 0,01	12,0 ± 0,4	8,9 ± 0,5
M 08	3,19 ± 0,02	3,15 ± 0,04	0,63 ± 0,01	0,56 ± 0,09	16,57 ± 0,06	17,2 ± 0,3	346,6 ± 0,8	355 ± 3
M 09	< LQ	< LQ	0,15 ± 0,00	0,15 ± 0,00	2,76 ± 0,00	2,9 ± 0,2	50,0 ± 0,6	49 ± 1
M 10	0,67 ± 0,01	0,63 ± 0,02	0,28 ± 0,00	0,35 ± 0,02	9,8 ± 0,8	7,9 ± 0,2	182,5 ± 0,9	191,4 ± 4,5
M 11	2,85 ± 0,03	2,84 ± 0,00	0,53 ± 0,02	0,55 ± 0,01	11,0 ± 0,4	9,7 ± 0,3	373,3 ± 0,1	320 ± 2
M 12	3,33 ± 0,00	3,19 ± 0,07	0,33 ± 0,01	0,37 ± 0,02	10,88 ± 0,07	8,5 ± 0,4	381 ± 3	346,8 ± 2,5

Tabela 3 - Teores médios e respectivos desvios padrão de Mn, Zn, Fe e Mg nas amostras de melado e melaço de cana obtidos pelo emprego de métodos de preparação de amostra distintos (análise direta por amostragem em suspensão e digestão por via úmida).

^aOs desvios-padrão foram calculados a partir de duplicatas de cada um dos métodos de preparo de amostra investigados; AS = amostragem em suspensão e VU = digestão por via úmida

4 | CONCLUSÃO

O estudo de validação intralaboratorial demonstrou que a amostragem em suspensão de melado de cana é um método de preparo de amostra adequado para a determinação direta de Mn, Zn, Fe e Mg por espectrometria de absorção atômica com chama (F AAS), uma vez que os parâmetros de validação avaliados (linearidade, limites de detecção e de quantificação, precisão e exatidão) encontram-se dentro dos critérios recomendados pela literatura.

É válido ressaltar também que a amostragem em suspensão, como um método de análise direta, representa uma valiosa contribuição para a química analítica e para a química verde, pois não faz uso de reagentes tóxicos, além de apresentar diversas vantagens como simplicidade, rapidez e baixo custo. Desta forma, esta metodologia de preparo de amostras poderia ser aplicada no controle de qualidade de amostras de melado de cana em laboratórios de indústrias, de pesquisa, de controle de qualidade ou de fiscalização.

REFERÊNCIAS

AKINYELE, I. O.; SHOKUNBI, O. S. **Comparative analysis of dry ashing and wet digestion methods for the determination of trace and heavy metals in food samples**. Food Chemistry, v. 173, p. 682-684, 2015.

ANDOLFATTO, S. **Desenvolvimento e Validação de Metodologia Analítica para a Determinação Direta de Mn, Zn, Fe e Mg em Melado e Melaço de Cana utilizando a Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (F AAS)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2016.

ANDRADE, C. K. de; ANJOS, V. E. dos; FELSNER, M. L.; TORRES, Y. R.; QUINÁIA, S. P. **Direct determination of Cd, Pb and Cr in honey by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry.** Food Chemistry, v. 146, p. 166–173, 2014.

ANDRADE, C. K. de; BRITO, P. M. K. de; ANJOS, V. E. dos; QUINÁIA, S. P. **Determination of Cu, Cd, Pb and Cr in yogurt by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry: A case study for Brazilian yogurt.** Food Chemistry, v. 240, p. 268–274, 2018.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar. **Diário Oficial da União**, 23 set. 2005.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 166, de 24 de julho de 2017. Critérios para a Validação de Métodos Analíticos. **Diário Oficial da União**, n. 141, 25 julho 2017.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Guidelines for Standard Method Performance Requirements: Appendix F**, 2012. 17 p.

ARAUJO, P. **Key aspects of analytical method validation and linearity evaluation.** Journal of Chromatography B, v. 877, p. 2224-2234, 2009.

BRANDÃO, G. C.; AURELIANO, M. de O.; SAUTHIER, M. C. da S.; SANTOS, W. N. L. dos. **Photo-oxidation using UV radiation as a sample preparation procedure for the determination of copper in fruit juices by flame atomic absorption spectrometry.** Analytical Methods, v. 4, p. 855-858, 2012.

CABALLERO, B.; TRUGO, L.; FINGLAS, P. **Encyclopedia of food sciences and nutrition.** Baltimore: Academic Press, 2003. 6289 p.

CARVALHO, R. F. **Beneficiamento dos derivados da cana de açúcar (melado açúcar mascavo).** Dossiê Técnico. Rede de Tecnologia da Bahia, 2007. 21 p.

CINDRIĆ, I.J.; KRIZMAN, I.; ZEINER, M.; KAMPIĆ, S.; MEDUNIĆ, G.; STINGEDER, G. **ICP-AES determination of minor- and major elements in apples after microwave assisted digestion.** Food Chemistry, v. 135, p. 2675-2680, 2012.

FRAGA, C.G. **Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health,** Molecular Aspects of Medicine, v. 26, p. 235-244, 2005.

GROMBONI, C. F.; CARAPELLI, R.; PEREIRA-FILHO, E. R.; NOGUEIRA, A. R. A. **Evaluation of Different Sample Preparation Procedures Using Chemometrics: Comparison Among Photo-Fenton Reaction, Microwave Irradiation, and Direct Determination of Minerals in Fruit Juices.** Food Analytical Methods, v. 3, p. 98-103, 2010.

GUPTA, U. C.; GUPTA, S. C. **Sources and Deficiency Diseases of Mineral Nutrients in Human Health and Nutrition: A Review.** Pedosphere, v. 24, p. 13-38, 2014.

GÜRKAN, R.; AKSOY, U.; ULUSOY, H. I.; AKÇAY, M. **Determination of low levels of molybdenum (VI) in food samples and beverages by cloud point extraction coupled with flame atomic absorption spectrometry.** Journal of Food Composition and Analysis, v. 32, p. 74-82, 2013.

GÜRKAN, R.; ALTUNAY, N. **Determination of total Sn in some canned beverages by FAAS after separation and preconcentration.** Food Chemistry, v. 117, p. 102-110, 2015.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. DOQCGCRE-008: **Orientação Sobre Validação de Métodos Analíticos.** Revisão 07. 2018.

KHAJEH, M.; SANCHOOLI, E. **Optimization of Microwave-Assisted Extraction Procedure for Zinc and Iron Determination in Celery by Box–Behnken Design**. *Food Analytical Methods*, v. 3, p. 75-79, 2010.

KORN, M. G. A.; BOA MORTE, E. S. da; SANTOS, D. C. M. B. dos; CASTRO, J. T.; BARBOSA, J. T. P.; TEIXEIRA, A. P.; FERNANDES, A. P.; WELZ, B.; SANTOS, W. P. C. dos; SANTOS, E. B. G. N. dos; KORN, M. **Sample preparation for determination of metals in food samples using spectroanalytical methods – a review**. *Applied Spectroscopy Reviews*, v. 43, p. 67-92, 2008.

LLORENT-MARTÍNEZ, E. J.; CÓRDOVA, M. L. F. de; RUIZ-MEDINA, A.; ORTEGABARRALES, P. **Analysis of 20 trace and minor elements in soy and dairy yogurts by ICP-MS**. *Microchemical Journal*, v. 102, p. 23-27, 2012.

MILIKAN, M. **Nutritional Metals in Foods by AAS**. In: FARRUKH, M. A. (ed.). **Atomic Absorption Spectroscopy**. Rijeka: InTech, 2012.

NATA. National Association of Testing Authorities. **Guidelines for the validation and verification of quantitative and qualitative test methods**. 2018.

NUNES, A. M.; SOUSA, R. A. de; SILVA, C. S. da; PEIXOTO, R. R. A.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. S.; CADORE, S. **Fast determination of Fe, Mg, Mn, P and Zn in meat samples by inductively coupled plasma optical emission spectrometry after alkaline solubilization**. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 32, p. 1-5, 2013.

POHL, P. **Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries**. *Trends in Analytical Chemistry*, v. 28, p. 117-128, 2009.

POHL, P.; SERGIEL, I. **Direct determination of the total concentrations of copper, iron and manganese and their fractionation forms in freshly ripened honeys by means of flame atomic absorption spectrometry**. *Microchimica Acta*, v. 168, p. 9-15, 2010.

POHL, P.; SERGIEL, I.; PRUSISZ, B. **Direct analysis of honey for the total content of Zn and its fractionation forms by means of flame atomic absorption spectrometry with solid phase extraction and ultrafiltration approaches**. *Food Chemistry*, v. 125, p. 1504- 1509, 2011.

POHL, P.; STELMACH, E.; SZYMCZYCHA-MADEJA, A. **Simplified sample treatment for the determination of total concentrations and chemical fractionation forms of Ca, Fe, Mg and Mn in soluble coffees**. *Food Chemistry*, v. 163, p. 31-36, 2014.

RODRÍGUEZ-SOLANA, R.; SALGADO, J. M.; DOMÍNGUEZ, J. M.; CORTÉS, S. **Assessment of minerals in aged grape marc distillates by FAAS/FAES and ICP-MS: Characterization and safety evaluation**. *Food Control*, v. 35, p. 49-55, 2014.

SANTOS, J. M. dos; QUINÁIA, S. P.; FELSNER, M. L. **Fast and direct analysis of Cr, Cd and Pb in brown sugar by GF AAS**. *Food Chemistry*, v. 260, p. 19-26, 2018.

SANTOS, J. M. dos; ANDRADE, J. K. de; GALVÃO, F.; FELSNER, M. L. **Optimization and validation of ultrasound-assisted extraction for the determination of micro and macrominerals in non-centrifugal sugar by F AAS**. *Food Chemistry*, v. 292, p. 66-74, 2019.

WERNIMONT, G. T. **Use of statistics to develop and evaluate analytical methods**. 1. ed. Virginia: AOAC International, 1985. 183 p.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Júlio César Ribeiro - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade de Taubaté - SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação Roge - MG; Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Pós-Doutorado no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta do Departamento de Solos da UFRRJ. Possui experiência na área de Agronomia (Ciência do Solo), com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, fertilidade, química e poluição do solo, manejo e conservação do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

Carlos Antônio dos Santos - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açúcares 25, 26, 28, 34, 81, 82, 83, 84, 85, 87

Agricultura de precisão 7, 167

Água residuária 10, 11, 20

AHP 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Algaroba 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Amostragem em suspensão 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33

Análise 1, 2, 3, 6, 10, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 82, 95, 96, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 119, 127, 138, 140, 144, 157, 163, 165, 170, 171, 172, 179, 180, 183, 184, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 206, 207, 211, 219, 221, 226, 227, 231, 242, 246

Análise envoltória de dados 58, 60, 67

Análise funcional 226, 227, 242

Artocarpus altilis 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 99, 100

Atividade antiparasitária 102

Avanços 78, 123, 202, 213

B

Bitcoin 222, 223, 224, 225

C

Canteiros de obras 145, 146, 155, 156

Celulose 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 126

Chuva 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 76

Ciclo educacional 179, 183

Ciclo vegetativo 7, 49, 53, 55, 56

Códigos linguísticos 189

Commodities 58, 59

Construção civil vertical 145

Curso agrotécnico 189

E

Educação 9, 68, 69, 79, 89, 158, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 201, 202, 203, 209, 210, 211, 212, 213, 221, 245, 263, 265

Ensino 67, 92, 179, 180, 182, 183, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 243, 245, 252, 255, 256, 263

Ensino de ciências 189, 200, 201, 209, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 252

Espaço não formal 199, 201, 209, 210

Espaços métricos 226, 227, 228, 231, 232, 236, 242

Evapotranspiração 16, 37, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 169

F

F AAS 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35

Fitoquímica 90, 99, 100

Fósforo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

G

Geoestatística 167, 171

Gerenciamento de RCC 145, 146, 147, 148, 151, 154, 155

Gráficos 117, 119, 254, 255, 256, 263

H

Hymenaea courbaril 101, 102, 104, 105, 112, 113

I

Imagens 135, 136, 137, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 177, 217, 242, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Índices de vegetação 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176

Indústria de papel 68, 70, 75

Indústria têxtil 68, 70, 75, 79

Investimento 179, 180, 183, 184, 185, 222

L

Leap-Frog 158, 159, 160

Lei de Hooke 243, 245, 246, 247, 248, 251, 252

Letramento científico 199, 203, 209, 210

M

Medição 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 160, 161

Melado de cana 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 84

Metais 3, 9, 12, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 126, 176

Meteorologia 36, 37, 39, 53

Micro-ondas 26, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Moda sustentável 68, 79

Modelos hiperbólicos 222, 223, 225

Moraceae 89, 90, 91, 100

N

Não-linearidade 243, 251

Nivelamento 74, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165

Nutrição de plantas 1

O

Oportunidade 179, 180, 182, 185, 186, 191, 256

P

Papel 2, 58, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 128, 192, 206, 213, 216, 227, 231, 246, 249

Parâmetros 24, 27, 28, 30, 33, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 115, 116, 119, 137, 160, 163, 168, 174, 175, 177, 191, 222, 223, 224, 255, 263

Perímetro irrigado 1, 3, 8

Petróleo 1, 9, 10, 11, 13, 22, 23

Prosopis 81, 82, 87, 88

Q

Química verde 33, 123, 128

R

Recuperação 11, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 144

Regressão polinomial 243, 246, 251

Renda 49, 81, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186

Resíduos sólidos 68, 71, 76, 77, 80, 146, 147, 148, 155, 156

Restauração 132, 133, 134, 137, 138, 139, 143, 244, 245

Reuso 10, 22, 71, 72, 80, 132, 133, 137, 138, 140, 141, 142, 143

S

Saneantes 115, 117, 118, 121

Sequências de Cauchy 226

Simbiose industrial 68, 70, 71, 77, 78

Síntese 90, 104, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 220

T

Topografia 138, 139, 143, 158, 159, 165

Trading 222, 223

Trypanosoma cruzi 101, 102, 103, 111, 112

V

Validação de métodos 24, 34

Variáveis 22, 38, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 117, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 194, 204, 211, 222, 224, 254, 256

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-680-5

