



# 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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 a 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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
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	
Emmila Priscila Pinto do Nascimento	
Taís Mendonça da Trindade	
Wellyda Keorle Barros de Lavôr	
Igor Apolônio de Oliveira	
Elioneide Jandira de Sales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907104</b>	

**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 Memic 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**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>189</b>
SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL	
Deíne Bispo Miranda	
Paulo Coelho Dias	
Maria Cristina Madeira Da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071018</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>199</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>212</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>222</b>
CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS	
Lucas José Gonçalves Freitas	
Marcelo dos Santos Ventura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>226</b>
O TEOREMA DA COMPLETUDE	
Angela Leite Moreno	
Michele Martins Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071022</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>243</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071023</b>	

**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**

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

### **Jorddy Neves Cruz**

Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense  
Emilio Goeldi,  
Belém - Pará.

### **Sebastião Gomes Silva**

Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense  
Emilio Goeldi,  
Belém - Pará.

### **Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra**

Programa de Pós-graduação de Ciências e  
Tecnologias de Alimentos,  
Universidade Federal do Pará,  
Belém - Pará.

### **Oberdan Oliveira Ferreira**

Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense  
Emilio Goeldi,  
Belém - Pará.

### **Jose de Arimateia Rodrigues do Rego**

Departamento de Ciências Naturais, Universidade  
do Estado do Pará,  
Belém - Pará.

### **Marcos Enê Chaves Oliveira**

Laboratório de Agro-indústria, Embrapa Amazônia  
Oriental,  
Belém - Pará.

### **Daniel Santiago Pereira**

Laboratório de Agro-indústria, Embrapa Amazônia  
Oriental,  
Belém - Pará.

### **Antonio Pedro da Silva Souza Filho**

Laboratório de Agro-indústria, Embrapa Amazônia

Oriental,

Belém - Pará.

### **Eloisa Helena de Aguiar Andrade**

Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense  
Emilio Goeldi,  
Belém - Pará.

### **Mozaniel Santana de Oliveira**

Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense  
Emilio Goeldi,  
Belém - Pará.

**RESUMO:** Atualmente as reações químicas assistidas por micro-ondas são bem populares nas práticas de laboratório. Em nosso review iremos abordar seu processo histórico enfatizando seu crescente uso até os dias atuais e sua importância na área de química verde, além de relatar as controvérsias sobre o uso dessa tecnologia. Discutimos sobre os mais recentes avanços na aplicação de irradiação por micro-ondas em processos de síntese de compostos orgânicos e inorgânicos, polímeros e nano materiais e, também, suas vantagens sobre as tradicionais técnicas de síntese.

**PALAVRAS-CHAVE:** micro-ondas, avanços, síntese, química verde.

**ABSTRACT:** Currently microwave assisted chemical reactions are very popular in laboratory practices. In our review we will address its historical process emphasizing its increasing use to the present day and its importance in the field of green chemistry, in addition to reporting the controversies about the use of this technology. We discuss the latest advances in the application of microwave irradiation in the synthesis processes of organic and inorganic compounds, polymers and nano materials and also their advantages over traditional synthesis techniques.

**KEYWORDS:** Microwave, advances, synthetic, green chemistry.

## 1 | INTRODUÇÃO

A síntese de compostos químicos foi impactada com o uso da irradiação de micro-ondas. Inicialmente, essa tecnologia foi utilizada em processos nas indústrias de alimentos e de polímeros, mas Gedye e Guiguere a partir da década de 80, de maneira pioneira, utilizaram a tecnologia de micro-ondas para a síntese de compostos orgânicos (GEDYE et al., 1986; GIGUERE et al., 1986).

As reações executadas sob irradiação por micro-ondas apresentam uma valiosa alternativa na produção de compostos orgânicos, inorgânicos, polímeros e nano materiais de forma seletiva e com rendimentos satisfatórios comparado aos resultados obtidos com aquecimento convencional (MONIKA GABA, 2011).

O uso da irradiação por micro-ondas permite que reações que envolvam a síntese orgânica apresente rendimentos similares ou maiores que aqueles gerados em processos convencionais. A possibilidade de controle seletivo de alta precisão relacionados a evolução da temperatura de incidência na amostra, bem como o controle da pressão durante o processo de aquecimento tem gerado novas perspectivas na geração de materiais em escalas macro, micro e até manométricas (GAWANDE et al., 2014).

Como vantagem a aplicação da tecnologia de aquecimento por micro-ondas apresenta aumento na velocidade de reação e redução de formação de produtos colaterais, isso ocorre em função dos mecanismos de polarização dipolar e condução iônica. Os dipolos ou íons presentes na mistura reacional alinham-se ao campo elétrico aplicado, com tendência a realinhar ao campo elétrico oscilante e neste processo perdem energia sob a forma de calor, devido os choques moleculares e perdas dielétricas (KAPPE, 2013).

Neste sentido, os fenômenos térmicos gerados por micro-ondas em espaços de tempo pequenos são capazes de alcançar elevadas temperaturas (BÉLANGER et al., 2007). Em ambientes fechados, podem gerar resultados que possibilitam explicar inclusive efeitos não-térmicos, que não seria possível observar em sistemas

convencionais, por causa da falta de uniformidade na distribuição do aquecimento usando sistemas de controle de temperatura e potência (AYMERICH et al., 2008; GAWANDE et al., 2014).

Os efeitos da incidência de micro-ondas sobre materiais de origem orgânica dependem da duração do tempo de exposição e das frequências usadas (TAHER e FARID, 2001). Esse processo está diretamente ligado ao efeito térmico gerado por micro-ondas, ou seja, a capacidade de um produto alimentar para aquecer, que corresponde ao limite do material para converter energia eletromagnética em energia térmica, conhecido como coeficiente de perda dielétrica (BANIK et al., 2003).

No campo da aplicação de micro-ondas, uma das linhas de frente das pesquisas acadêmicas envolvem processos de síntese orgânica, por se tratar de um processo alternativo para a introdução de energia no sistema reativo, em função da excitação de agentes químicos pela energia eletromagnética, transformando vibração em calor, em processos assistidos, rápidos e limpos, sendo considerados processos tecnológicos inovadores (AND e KAPPE, 2007; MATS LARHED et al., 2002).

O uso de micro-ondas no processo de síntese envolve radiações em uma faixa do espectro eletromagnético entre as ondas de rádio e as ondas infravermelhas, com comprimento de onda entre 0,01 e 1 metro, operando em uma faixa de frequência entre 0,3 e 30 Ghz, a frequência de 2,45 Ghz é a preferida para os processos de síntese, em função da profundidade de penetração (GEDYE et al., 1988; RODRIQUEZ e TADDEI, 2006).

## 2 | SÍNTESE ASSISTIDA POR MICROONDAS

### 2.1 Síntese de polímeros assistida por micro-ondas

A polimerização por irradiação de micro-ondas tem sido utilizada como um método alternativo de aquecimento, devido ao relato de maiores e mais rápidas taxas de conversão de monômeros em polímeros durante a reação (BARDTTS et al., [s.d.]). As radiações de micro-ondas excitam seletivamente apenas as ligações polares, ocasionando na clivagem e induzindo à formação de sítios de radicais livres, desta forma, o esqueleto do polímero ('C-C'), relativamente apolar, não é afetado pela radiação (SINNWELL e RITTER, 2007).

A síntese pode ser classificada em dois tipos: **i.** síntese iniciada por micro-ondas, que utiliza apenas a radiação para iniciar o grafting; e **ii.** síntese assistida por micro-ondas, que utiliza a radiação de micro-ondas em conjunto com um iniciador de radical livre químico para iniciar o enxerto (SIVALINGAM et al., 2004). A técnica também se apresenta como uma alternativa aos métodos convencionais que utilizam solventes orgânicos e apresentam problemas viscosidade do estado de fusão durante a síntese dos polímeros, além de ser um método mais ecológico, pois substituintes solventes orgânicos tóxicos e voláteis (BARDTTS et al., 2008).

Mishra et al. (2012) utilizaram microwave radiação na síntese de ácido poliacrílico carboximetil enxertado celulose, o uso da tecnologia permitiu a obtenção de um floculante com aplicação para clarificação de águas fluviais, visando o aumento de sua capacidade.

Rani et al. (2012) realizaram a síntese de poliacrilamida enxertada goma ghatti pelo método assistido por micro-ondas, o polissacarídeo enxertado resultou satisfatório na redução de sólido total dissolvido, metais pesados e demanda química de oxigênio de efluentes.

No estudo de Undri et al. (2014) a polimerização de poliestireno residual foi realizada objetivando a produção de estireno e outros aromáticos através de pirólise assistida por micro-ondas, os resultados apresentaram uma alta conversão de estireno demonstrando que a tecnologia pode ser aplicada como alternativa à redução de resíduos de PS, produzindo produtos químicos valiosos e evitando a poluição devido a resíduos de plástico.

Mahto et al. (2014) realizaram a síntese de peptona de soja enxertada com poliacrilamida (PAM) pelo método assistido por micro-ondas utilizando nitrato de amônio cérico como iniciador radical livre, o produto obtido pode ser aplicado como adesivo solúvel em água, e após otimização resultou em uma força de adesão de 330 kg (ponto de ruptura de tensão de cisalhamento) entre blocos de madeira unidos.

Xiong et al. (2010) estudaram a polimerização em miniemulsão de copolímero de copolímero de fluoroacrilato por irradiação de micro-ondas, o trabalho obteve látex com características superiores ao obtido por métodos convencionais, com menor diâmetro de partícula, mais monodispersa, boa estabilidade centrífuga, e o processo também apresentou maior taxa de reação e maior conversão.

## 2.2 Síntese de nano materiais assistida por micro-ondas

A síntese de nano partículas assistida por micro-ondas vem sendo estudada por ser considerado um método promissor para a elaboração de um material com formato e tamanho controlado, com maior grau de pureza, em maior rendimento, além de ser mais simples, rápido, e energeticamente mais econômico (LI et al., 2011; SUIB et al., 2010).

Rotas utilizando micro-ondas têm sido aplicadas na síntese de nano partículas e nanoestruturas mono- e bi metálicas como Au, Ag, Pd, Pt, Cu, In e suas combinações em solução (BILECKA e NIEDERBERGER, 2010). O método baseia-se no: mecanismo dipolar, onde moléculas polares liberam calor para impulsionar a reação ocasionada pela aplicação de um campo elétrico de alta frequência; no mecanismo condutor, em que a polarização ocorre devido à amostra irradiada ser um condutor elétrico e os portadores de carga (íons e elétrons) se moverem através do material sob influência do campo elétrico; nas correntes induzidas e também na resistência elétrica que, em conjunto, provocam o aquecimento na amostra (NADAGOUDA et al., 2011; QIU et al., 2012).

Li et al. (2011) sintetizaram nanoestruturas de fosfato de bismuto ( $\text{BiPO}_4$ ) através do método rápido de irradiação de micro-ondas, como nano partículas apresentaram morfologia e tamanho satisfatórios para seus desempenhos fotocatalíticos podendo ser aplicadas na catálise, detecção de íons e separação de elementos radioativos.

Opembe et al. (2010) realizaram a síntese tipo de criptomelano K-OMS-2 nano materiais pelo método de micro-ondas de fluxo contínuo, o material apresentou 100% de seletividade na oxidação de 2,3,6-benzoquinona-trimetil, muito usado como intermediário na síntese de vitamina E.

Qiu et al. (2012) estudaram a síntese de nano materiais de óxido de cobre por reações hidrotermais assistidas por micro-ondas. O material sintetizado obteve excelente desempenho catalítico e eletroquímico para a epoxidação de alcenos, a oxidação do CO e o comportamento da pseudocapacitância em solução de hidróxido de potássio.

No estudo de Kim et al. (2017), ZnO/ nano compósitos de grafeno foram preparados e subsequentemente pós-tratados por irradiação de micro-ondas, o estudo demonstrou que o material obtido apresentou propriedade seletiva na detecção de  $\text{NO}_2$ , um gás altamente tóxico que necessita ser detectado em baixas concentrações.

### 2.3 Micro-ondas na síntese de compostos orgânicos e inorgânicos

A utilização do forno de micro-ondas é largamente utilizada nas residências domésticas para aquecimento de alimentos, devido sua eficiência e rapidez no preparo. Sua utilização vem crescendo gradativamente desde a década de 70 no preparo de amostras para análise elementar e também na síntese de compostos orgânicos e inorgânicos (LOUPY, 2004).

As reações que utilizam as micro-ondas ocorrem de maneira mais rápida, com isso há um de tempo e economia na produção de produtos em larga escala. O aquecimento em micro-ondas pode possibilitar ganhos de maior rendimento e maiores seletividade da substância em relação ao aquecimento convencional. Com isso tem crescido bastante o uso desta técnica nas práticas de síntese de compostos orgânicos e inorgânicos na busca de um maior rendimento com menor tempo possível e com alto de pureza do composto (MOHSENZADEH et al., 2007; VIVEK POLSHETTIWAR, 2010).

O mecanismo de aquecimento pelas micro-ondas ocorre de maneira diferente do convencional (condução, irradiação e convecção). No aquecimento convencional, o recipiente e todo o material contido sofre aquecimento, resultando em um gradiente de temperatura do meio mais aquecido para o menos aquecido. O aquecimento por micro-ondas ocorre de forma contrária ao convencional, decorrente do mecanismo de aquecimento que envolve a rotação de dipolo e condução iônica (KAPPE, 2004).

## 2.4 Síntese orgânica com a utilização do forno de micro-ondas

Mesmo envolvendo alto risco na realização das reações sem o controle de pressão e temperatura, diversos trabalhos foram desenvolvidos com síntese orgânica utilizando o micro-ondas doméstico. Tendo em vista alguns fatores que contribuem para realização dos procedimentos como a diminuição do tempo reacional e redução na formação de subprodutos que podem contribuir para o ganho de um rendimento (GAWANDE et al., 2014).

Atualmente busca-se o uso dos princípios da química verde com a redução de solventes em práticas reacionais e técnicas que favoreçam ganhos para o meio ambiente sem afetar ou prejudicar a natureza. Como exemplo de técnica podemos citar o uso das reações assistidas por micro-ondas em síntese de compostos orgânicos. Essas práticas geram ganhos para ambas as áreas tanto para ciência quanto para a sociedade (SHAH e MOHANRAJ, 2014).

A Aplicação da irradiação de micro-ondas leva a muitas vantagens, como o uso de reagentes não-corrosivos e de baixo custo, além disso, é o uso da “química verde” com redução dos impactos econômicos e ambientais. O papel da química é essencial para garantir que a nossa próxima geração de produtos químicos, materiais e energia seja mais sustentável do que a gerações passada e a atual (JOSEPH e MATHEW, 2015).

Vale ressaltar que a aplicação de síntese assistida por micro ondas para obter compostos com princípios farmacológicos vem ganhando destaque no mercado devido as vantagens que a técnica proporciona, no qual busca-se um material com ganho de rendimento e pureza (SHAH e MOHANRAJ, 2014).

A reação assistida de micro-ondas é bastante utilizada na formação de compostos que demandam maior quantidade na produção, como exemplo podemos citar o glicerol que é utilizado na produção de diesel que está em crescimento acentuado. Além disso, ele é um composto utilizado em diversas áreas, tais como as indústrias alimentícia, cosméticos, farmacêutica, tabaco, podendo ainda ser usado como fonte carbono em aplicações biotecnológicas, lubrificante e aditivo combustível (CAMPOS et al., 2017).

Muitas reações orgânicas ocorrem de maneira mais rápida e com rendimentos mais elevados, sob irradiação com micro-ondas quando comparada com o aquecimento convencional, por isso que a técnica é largamente utilizada na síntese de medicamentos, além disso, essa técnica proporciona a utilização de pouco solvente garantindo assim, a aplicação da sustentabilidade da química verde.

Como exemplo da aplicação da síntese em medicamentos temos a síntese do benzimidazol. Isto porque os benzimidazóis e seus derivados têm uma ampla gama de aplicações na medicina. Observações recentes sugerem que benzimidazóis e seus derivados possuem extensa gama de atividades biológicas, incluindo antiviral, antifúngica, antimicrobiana, antiprotozoário, anti-inflamatório, anticancerígeno, antioxidante, atividades anticoagulante, antidiabética e anti-hipertensiva (BUI et al.,

2016).

## 2.5 Síntese inorgânica com a utilização do forno de micro-ondas

As estruturas metal-orgânicas (MOFs) são uma classe de materiais porosos montados por coordenação de ligantes orgânicos a íons metálicos ou aglomerados. MOFs são intensamente investigados devido às suas possíveis aplicações na sorção e separação de gases, catálise, administração de drogas e detecção.

Com isso a síntese inorgânica de compostos de coordenação tem mostrado um avanço em seus estudos apresentados, pois utiliza reações assistidas por micro-ondas que contribui para resultados e aplicações diversas para produção de compostos que demandam procedimentos rápidos com boa qualidade e redução de resíduos (VAKILI et al., 2018) BenAc and hydrochloric acid, HCl.

Nas últimas duas décadas, o uso de micro-ondas, como energia para aquecer reações químicas, atraiu uma considerável atenção devido às suas muitas aplicações bem-sucedidas na síntese de polímeros, ciências dos materiais, nanotecnologia e processos bioquímicos. A motivação para o uso de energia de micro-ondas tem sido principalmente para projetar métodos de síntese mais rápidos, mais limpos e economicamente mais viáveis (MOUSAVI-KAMAZANI et al., 2014).

A aplicação de reação assistida de micro-ondas em síntese de compostos inorgânicos podemos citar como exemplo a síntese de nano compósitos, o qual tem atraído inúmeros cientistas a estudar devido suas propriedades e aplicações tecnológicas tais como: sensor de gás, células foto eletroquímicas para produção de hidrogênio sob luz solar simulada e fabricação de dispositivos eletrônicos (MOUSAVI-KAMAZANI e SALAVATI-NIASARI, 2014).

A literatura apresenta vários métodos de síntese de materiais nanométricos, dentre eles destaca-se o hidrotermal assistido por microondas. Considerando a evolução na tecnologia de hidrotermal convencional, esse método possui vantagens, como a redução de tempo e temperatura de síntese, economia energética, não liberação de gases tóxicos para o ambiente, entre outras características que o tornam uma boa alternativa entre os métodos de síntese de materiais (MONIKA GABA, 2011).

## REFERÊNCIAS

AND, D. D.; KAPPE, C. O. **Microwave-Assisted Synthesis in Water as Solvent**. 2007.

AYMERICH, T.; PICOUET, P. A.; MONFORT, J. M. **Decontamination technologies for meat products**. Meat Science, v. 78, n. 1–2, p. 114–129, 1 jan. 2008.

BANIK, S.; BANDYOPADHYAY, S.; GANGULY, S. **Bioeffects of microwave - a brief review**. Bioresource Technology, v. 87, n. 2, p. 155–159, 1 abr. 2003.

BARDTS, M.; GONSIOR, N.; RITTER, H. **Trends in Polymer Science Polymer Synthesis and Modification by Use of Microwaves**. [s.d.].

- BARDTS, M.; GONSIOR, N.; RITTER, H. **Polymer Synthesis and Modification by Use of Microwaves**. *Macromolecular Chemistry and Physics*, v. 209, n. 1, p. 25–31, 4 jan. 2008.
- BÉLANGER, J. M. R. et al. **Remarks on Various Applications of Microwave Energy**. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v. 42, n. 4, p. 24–44, 9 jan. 2007.
- BILECKA, I.; NIEDERBERGER, M. **Microwave chemistry for inorganic nanomaterials synthesis**. *Nanoscale*, v. 2, n. 8, p. 1358–1374, 2010.
- BUI, H. T. B. et al. **Microwave assisted synthesis and cytotoxic activity evaluations of new benzimidazole derivatives**. *Tetrahedron Letters*, v. 57, n. 8, p. 887–891, 24 fev. 2016.
- D.MAHTO et al. **Microwave assisted synthesis of polyacrylamide grafted soya peptone and its application as water soluble adhesive**. *Industrial Crops and Products*, v. 58, p. 251–258, 2014.
- DA C. CAMPOS, D.; A. dos SANTOS, J. C.; P. BORGES, L. E. **Glycerochemistry Topics: Use of Glycerol as a Green Solvent in Microwave-assisted Reactions**. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 6, p. 2593–2624, 2017.
- GAWANDE, M. B. et al. **Microwave-Assisted Chemistry: Synthetic Applications for Rapid Assembly of Nanomaterials and Organics**. *Accounts of Chemical Research*, v. 47, n. 4, p. 1338–1348, 15 abr. 2014.
- GEDYE, R. et al. **The use of microwave ovens for rapid organic synthesis**. *Tetrahedron Letters*, v. 27, n. 3, p. 279–282, 1 jan. 1986.
- GEDYE, R. N.; SMITH, F. E.; WESTAWAY, K. C. **The rapid synthesis of organic compounds in microwave ovens**. *Canadian Journal of Chemistry*, v. 66, n. 1, p. 17–26, jan. 1988.
- GIGUERE, R. J. et al. **Application of commercial microwave ovens to organic synthesis**. *Tetrahedron Letters*, v. 27, n. 41, p. 4945–4948, 1 jan. 1986.
- JOSEPH, S.; MATHEW, B. **Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles and the study on catalytic activity in the degradation of dyes**. *Journal of Molecular Liquids*, v. 204, p. 184–191, 1 abr. 2015.
- KAPPE, C. O. **Synthetic Methods Controlled Microwave Heating in Modern Organic Synthesis**. *Angew. Chem. Int. Ed.*, v. 43, p. 6250–6284, 2004.
- KAPPE, C. O. **How to measure reaction temperature in microwave-heated transformations**. *Chemical Society Reviews*, v. 42, n. 12, p. 4977, 28 maio 2013.
- KIM, H. W. et al. **Synthesis of zinc oxide semiconductors-graphene nanocomposites by microwave irradiation for application to gas sensors**. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, v. 249, p. 590–601, 2017.
- LI, G. et al. **Microwave synthesis of BiPO<sub>4</sub> nanostructures and their morphology-dependent photocatalytic performances**. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 363, n. 2, p. 497–503, 2011.
- LOUPY, A. **Solvent-free microwave organic synthesis as an efficient procedure for green chemistry**. *Comptes Rendus Chimie*, v. 7, n. 2, p. 103–112, 1 fev. 2004.
- MATS LARHED, \*, †; CHRISTINA MOBERG, ‡ AND; HALLBERG †, A. **Microwave-Accelerated Homogeneous Catalysis in Organic Chemistry**. 2002.
- MISHRA, S.; USHA RANI, G.; SEN, G. **Microwave initiated synthesis and application of polyacrylic acid grafted carboxymethyl cellulose**. *Carbohydrate Polymers*, v. 87, n. 3, p. 2255–

2262, 2012.

MOHSENZADEH, F.; AGHAPOOR, K.; DARABI, H. R. **Benign approaches for the microwave-assisted synthesis of quinoxalines.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 18, n. 2, p. 297–303, abr. 2007.

MONIKA GABA, N. D. **Microwave Chemistry: General Features and Applications.** Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research, v. 45, n. 2, p. 175–183, 2011.

MOUSAVI-KAMAZANI, M.; SALAVATI-NIASARI, M. **A simple microwave approach for synthesis and characterization of Ag<sub>2</sub>S–AgInS<sub>2</sub> nanocomposites.** Composites Part B: Engineering, v. 56, p. 490–496, 1 jan. 2014.

NADAGOUDA, M. N.; SPETH, T. F.; VARMA, R. S. **Microwave-assisted green synthesis of silver nanostructures.** Accounts of Chemical Research, v. 44, n. 7, p. 469–478, 2011.

QIU, G. et al. **Facile microwave-assisted hydrothermal synthesis of CuO nanomaterials and their catalytic and electrochemical properties.** Journal of Physical Chemistry C, v. 116, n. 1, p. 468–477, 2012.

RANI, P. et al. **Microwave assisted synthesis of polyacrylamide grafted gum ghatti and its application as flocculant.** Carbohydrate Polymers, v. 89, n. 1, p. 275–281, 2012.

RODRIGUEZ, M.; TADDEI, M. **Synthesis of Heterocycles via Microwave-Assisted Cycloadditions and Cyclocondensations.** In: [s.l.] Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. p. 213–266.

SHAH, J. J.; MOHANRAJ, K. **Comparison of Conventional and Microwave-assisted Synthesis of Benzotriazole Derivatives.** Indian journal of pharmaceutical sciences, v. 76, n. 1, p. 46–53, jan. 2014.

SINNWELL, S.; RITTER, H. **Recent Advances in Microwave-Assisted Polymer Synthesis.** Aust. J. Chem, v. 60, p. 729–743, 2007.

SIVALINGAM, G.; AGARWAL, N.; MADRAS, G. **Kinetics of microwave-assisted polymerization of ε-caprolactone.** Journal of Applied Polymer Science, v. 91, n. 3, p. 1450–1456, 5 fev. 2004.

SUIB, S. L. et al. **Microwave-Assisted Synthesis of Manganese Oxide Octahedral Molecular Sieve (OMS-2) Nanomaterials under Continuous Flow Conditions.** Journal of Physical Chemistry C, v. 114, n. 34, p. 14417–14426, 2010.

TAHER, B. J.; FARID, M. M. **Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation.** Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, v. 40, n. 4, p. 379–389, 1 jul. 2001.

UNDRI, A. et al. **Reverse polymerization of waste polystyrene through microwave assisted pyrolysis.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 105, p. 35–42, 2014.

VAKILI, R. et al. **Microwave-assisted synthesis of zirconium-based metal organic frameworks (MOFs): Optimization and gas adsorption.** Microporous and Mesoporous Materials, v. 260, p. 45–53, 1 abr. 2018.

VIVEK POLSHETTIWAR, R. S. V. **Aqueous Microwave Assisted Chemistry.** [s.l.: s.n.].

XIONG, S. et al. **Preparation and characterization of fluorinated acrylate copolymer latexes by miniemulsion polymerization under microwave irradiation.** Journal of Fluorine Chemistry, v. 131, n. 3, p. 417–425, 2010.

## **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](mailto: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](mailto: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

