

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 2

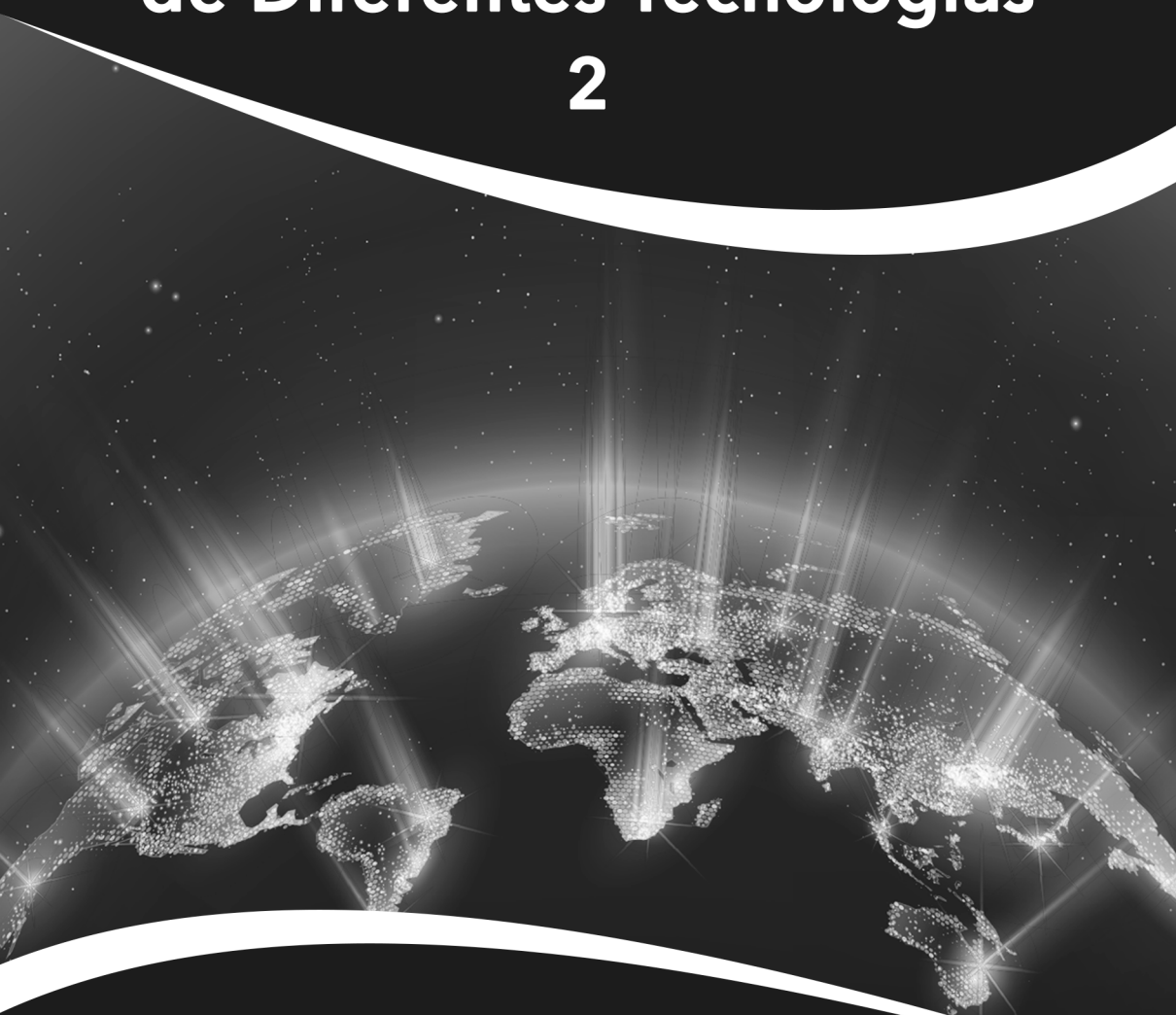


**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos**  
**Nítalo André Farias Machado**  
**Romário Martins Costa**  
**(Organizadores)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 2



**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos**  
**Nítalo André Farias Machado**  
**Romário Martins Costa**  
**(Organizadores)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Raissa Rachel Salustriano da Silva-  
Matos Nítalo André Farias Machado  
Romário Martins Costa

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 2 / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Nítalo André Farias Machado, Romário Martins Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-485-6

DOI 10.22533/at.ed.856202710

1. Geociências. 2. Ciências exatas. 3. Ciências da terra.  
I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora).  
II. Machado, Nítalo André Farias (Organizador). III. Costa,  
Romário Martins (Organizador). IV. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A tecnologia encontra-se cada vez mais presente em nossas vidas, mudando completamente a nossa interação e percepção do mundo. No universo científico não é diferente, sobretudo por conta de o progresso tecnológico estar contribuindo constantemente no desenvolvimento de métodos de aquisição e análise de dados.

Neste livro são apresentados vários trabalhos com métodos modernos de exploração de dados usando diferentes tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra, alguns com resultados práticos, outros com métodos tecnológicos que auxiliam na tomada de decisão na ótica sustentável e outros com métodos de desenvolvimento para o ensino de tecnologias.

A obra “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 2” aborda os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias e ciências sociais aplicadas a fim de divulgar métodos modernos de tecnologias aplicáveis, métodos sofisticados de análises de dados e melhorar a relação ensino aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações. Portanto, a obra possui um relevante conhecimento para profissionais que buscam estar atualizados e alinhados com as novas tecnologias.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Nítalo André Farias Machado

Romário Martins Costa

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **RECONSTRUCTION OF PARTIALLY DETECTED DARK SLOPE STREAKS FROM AUTOMATIC EXTRACTION ALGORITHM USING INPAINTING TECHNIQUE**

Erivaldo Antônio da Silva  
Breno Strogueia Maia da Cruz  
Ana Luisa Chaves Figueira  
Samara Calçado Azevedo  
Pedro Pina

**DOI 10.22533/at.ed.8562027101**

### **CAPÍTULO 2..... 16**

#### **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE FERRO, E UTILIZAÇÃO DO PROCESSO FOTO-FENTON HETEROGÊNEO NA DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO**

Marcus Renato Pinheiro Mattos  
Kelry Cristina Muniz Barbosa  
Jerry Lucio Castro de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.8562027102**

### **CAPÍTULO 3..... 32**

#### **TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS APLICADAS AL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA BIOMASA FORESTAL ASOCIADA AL MERCADO DE LA BIOENERGÍA AL SUR DE CHILE**

Gastón Vergara Díaz  
Víctor Sandoval Vásquez  
Miguel Ángel Herrera Machuca

**DOI 10.22533/at.ed.8562027103**

### **CAPÍTULO 4..... 46**

#### **ANÁLISE DAS DEMONSTRAÇÕES CONTÁBEIS: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA X**

Alini Engel  
Géssica Fiabane  
Cassandra Lanfredi  
Luana Stefanski  
Suzana Paula Vitali

**DOI 10.22533/at.ed.8562027104**

### **CAPÍTULO 5..... 61**

#### **ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DA VELOCIDADE DO VENTO NO NORDESTE DO BRASIL**

Lêda Valéria Ramos Santana  
Antonio Samuel Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8562027105**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>70</b>
ANÁLISE PALEOAMBIENTAL DA PORÇÃO LESTE DA BAÍA DE GUANABARA, RJ, BRASIL, ATRAVÉS DE BIOMINERALIZAÇÕES DE SÍLICA	
Jenifer Garcia Gomes	
Heloisa Helena Gomes Coe	
Alberto Garcia de Figueiredo Jr	
Kita Chaves Damasio Macario	
Emily Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8562027106</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>86</b>
APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	
Antonio Reginaldo Agassi	
Ivan Marcelo Laczkowski	
Roseli Constantino Schwerz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8562027107</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>97</b>
ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE NANOEMULSÕES COM ÓLEOS ESSENCIAIS	
Emanuela Feitoza da Costa	
Weibson Paz Pinheiro André	
Mayrla Rocha Lima	
Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8562027108</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>115</b>
ATRAÇÃO DE FÊMEAS DE <i>Cerconota anonella</i> POR DIFERENTES ESTÁGIOS DE <i>Annona muricata</i>	
Rita de Cássia Correia da Silva	
Maxdouglass dos Santos	
Ruth Rufino do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8562027109</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>123</b>
DESENVOLVIMENTO DE ROTINA MORFOLÓGICA PARA DETECÇÃO DE ÁREAS DE QUEIMADAS EM IMAGENS DE SATÉLITE	
Giovanna Carreira Marinho	
Erivaldo Antônio da Silva	
Ana Luisa Chaves Figueira	
Guilherme Pina Cardim	
Mauricio Araujo Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85620271010</b>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>133</b>
ESTRUTURAS SEDIMENTARES PRIMÁRIAS DOS DEPÓSITOS ARENOSOS	

**MARINHO PRAIAS HOLOCÊNICOS DA ILHA DE SANTA CATARINA-SC, BRASIL**

Norberto Olmiro Horn Filho

Fábio Effting Silva

João Pedro Canhisares

Ana Flávia de Freitas

Ana Paula Castagnara Sutili

Pedro Scheibe Wolff

Tatiana Martins da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.85620271011**

**CAPÍTULO 12..... 151**

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE INAJÁ**

Fagnaldo Braga Pontes

Orivaldo Teixeira de Menezes Júnior

Margarida Carmo de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.85620271012**

**CAPÍTULO 13..... 159**

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA EXTRAÇÃO MORFOLÓGICA DE PISTAS DE AEROPORTOS EM IMAGENS ORBITAIS**

Eduardo Soares Nascimento

Erivaldo Antonio da Silva

Allan Alves Lopes Ferreira

Daniel José Padovani Ederli

Thamires Gil Godoy

**DOI 10.22533/at.ed.85620271013**

**CAPÍTULO 14..... 168**

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE UMA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO UTILIZANDO O SICRO 2 E O NOVO SICRO**

Douglas Yoshiaki Benites Koyama

Julio Xavier Bertulio

Maria Fernanda Fávero Menna Barreto

**DOI 10.22533/at.ed.85620271014**

**CAPÍTULO 15..... 184**

**FABRICAÇÃO DE FILMES FINOS E NANOFIBRAS DE DERIVADOS DO POLITIOFENO**

Marcelo Soares Borro

Vinicius Jessé Rodrigues de Oliveira

Roger C. Hiorns

Deuber Lincon da Silva Agostini

Clarissa de Almeida Olivati

**DOI 10.22533/at.ed.85620271015**

**CAPÍTULO 16..... 194**

**FERRAMENTAS MULTIMÍDIAS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DO RACIOCÍNIO**

## LÓGICO

Rodolfo Faquin Della Justina  
Ismael Mazzuco  
Eliane Pozzebon  
Jefferson Pacheco dos Santos  
Eduardo Gonzaga Bett  
Guilherme Mattei Orbem

**DOI 10.22533/at.ed.85620271016**

## **CAPÍTULO 17..... 201**

### **INFLUÊNCIA DA FORMA DE ARMAZENAMENTO DAS FOLHAS E MODO DE PREPARO DE CHÁS DE *Mentha sp* EM SEU PERFIL QUÍMICO**

Clara Cardoso Costa  
Bárbara Vitória de Sousa Marciano  
Ana Maria de Resende Machado  
Esther Maria Ferreira Lucas

**DOI 10.22533/at.ed.85620271017**

## **CAPÍTULO 18..... 213**

### **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA O CONTROLE DE *Euscepes postfasciatus* ATRAVÉS DE ÓLEOS ESSENCIAIS REPELENTES**

Ana Claudia Ferreira de Lima  
Pedro Vinicius Souza Gois  
Rilbson Henrique Silva dos Santos  
Tâmara Ingrid Barbosa Duarte de Souza  
Hugo Rodrigues dos Santos  
Clecio Lima Tavares  
Thiago Willames Otaviano Marques de Souza  
Anderson Rodrigues Sabino  
Fabiano Leite Gomes  
Alexandre Guimarães Duarte  
Cícero Eduardo Ramalho Neto  
Adriana Guimarães Duarte

**DOI 10.22533/at.ed.85620271018**

## **CAPÍTULO 19..... 221**

### **ISOLATION AND IDENTIFICATION OF SEMIOCHEMICALS FROM THE MOSQUITO *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) USING THE SOLID PHASE MICRO-EXTRACTION (SPME)**

Aglaupe Meira Bastos Melo  
Silas da Silva Santos  
Maria Cristina Caño de Andrade  
Henrique Fonseca Goulart  
Antônio Euzébio Goulart Santana

**DOI 10.22533/at.ed.85620271019**

## **CAPÍTULO 20..... 227**

### **POTENCIAL ANTIFÚNGICO DOS EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS**

E ACÉTICOS DE *Mentha piperita* E *Rosmarinus officinalis* CONTRA O FITOPATÓGENO *Penicillium citrinum*

Veronica Romaskevis Coelho Peixoto

Tamires Kiche Abreu

Enio Nazaré de Oliveira Junior

**DOI 10.22533/at.ed.85620271020**

**CAPÍTULO 21..... 235**

MODELO DE TOMADA DE DECISÃO PARA AUMENTO DE RESILIÊNCIA À DESASTRES EM COMUNIDADES DA BAIXADA FLUMINENSE: UMA ANÁLISE PARA ORIENTAÇÃO E DIRECIONAMENTO DE ESFORÇOS DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS

Pablo Luiz Berriel do Carmo

Marcos dos Santos

Rubens Aguiar Walker

**DOI 10.22533/at.ed.85620271021**

**CAPÍTULO 22..... 242**

O ESTUDO DE INTEGRAL DUPLA COM O RECURSO DO SOFTWARE GEOGEBRA

Yuri Castro Alcantara

José Francisco da Silva Costa

Nélio Santos Nahum

Ronaldo Ferreira Ribeiro

José Augusto dos Santos Cardoso

Rosenildo da Costa Pereira

Reginaldo Barros

Rodinely Serrão Mendes

Rosana dos Passos Corrêa

Márcio José Silva

Joana Darc de Sousa Carneiro

Genivaldo dos Passos Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.85620271022**

**CAPÍTULO 23..... 259**

PROPRIEDADES VIBRACIONAIS E TÉRMICAS DE BLENDA POLIMÉRICAS A PARTIR DE GALACTOMANANA DE *Adenantha pavonina L.*

Eduardo da Silva Gomes

Lincoln Almeida Cavalcante

João Ferreira da Silva Neto

Romicy Dermondes Souza

Fernando Mendes

Ana Angélica Mathias Macêdo

**DOI 10.22533/at.ed.85620271023**

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 269**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 270**



# CAPÍTULO 3

## TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS APLICADAS AL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA BIOMASA FORESTAL ASOCIADA AL MERCADO DE LA BIOENERGÍA AL SUR DE CHILE

*Data de aceite: 01/10/2020*

### **Gastón Vergara Díaz**

Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Instituto de Estadística  
Valdivia, Chile  
ORCID: 0000-0003-0109-7214

### **Víctor Sandoval Vásquez**

(1956-2018) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Instituto de Bosque y Sociedad  
Casilla 567  
Valdivia, Chile

### **Miguel Ángel Herrera Machuca**

Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Forestal, Campus Rabanales  
Edificio Leonardo Da Vinci  
Córdoba, España  
ORCID: 0000-0002-1663-1750

**RESUMEN:** Uno de los grandes desafíos como país se relaciona con las investigaciones en la generación de energías renovables, constituyéndose en una estrategia nacional para los próximos años. El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema que permita localizar y cuantificar la biomasa vegetal disponible en estructuras forestales de bosques nativos en la región de Los Ríos, construyendo mapas comunales con la ubicación espacial de los diferentes lugares que albergan la biomasa forestal disponible. El área de estudio corresponde a la región de Los Ríos. Se utilizaron coberturas de

uso del suelo del proyecto monitoreo de recursos naturales de Chile, además del inventario forestal nacional extensivo. Para el análisis y ubicación de mercados con biomasa se utilizaron técnicas geoestadísticas y para la formación de clústeres se utilizó el estadístico G de Getis-Ord. Los principales resultados revelaron que la región de Los Ríos posee una capacidad de biomasa que alcanza los 2,324,762 TS/año. A nivel comunal la mayor cantidad de biomasa se concentra la comuna de Panguipulli (540,915 TS/año), seguida por las comunas de Los Lagos y Futrono con 297,941 y 287,421 TS/año respectivamente. **PALABRAS CLAVES:** Bosque nativo, Cambio climático, Clústeres.

### GEOSTATISTICAL TECHNIQUES APPLIED TO THE ANALYSIS OF THE SPACE DISTRIBUTION OF FOREST BIOMASS ASSOCIATED WITH THE BIOENERGY MARKET IN SOUTHERN CHILE

**ABSTRACT:** One of the great challenges as a country is related to research in the generation of renewable energy, becoming a national strategy for the coming years. The objective of this research was to design a system that allows locating and quantifying the available plant biomass in native forest forest structures in the Los Ríos region, building communal maps with the spatial location of the different places that house the available forest biomass. The study area corresponds to the Los Ríos region. Land use coverings from the Chile natural resources monitoring project were used, in addition to

the extensive national forest inventory. Geostatistical techniques were used for the analysis and location of biomass markets and the Getis-Ord G statistic was used for the formation of clusters. The main results revealed that the Los Ríos region has a biomass capacity that reaches 2,324,762 TS / year. At the community level, the largest amount of biomass is concentrated in the Panguipulli commune (540,915 TS / year), followed by the Los Lagos and Futrono communes with 297,941 and 287,421 TS / year respectively.

**KEYWORDS:** Native forest, Climate change, Clusters.

## INTRODUCCIÓN

En incremento de la población mundial, la automatización de los sistemas de producción y el crecimiento industrial que han experimentado los países en desarrollo, se han transformado en factores preponderantes en el incremento que ha tenido los últimos años la demanda por energía (Bilgili, Koçak, Bulut, & Kuşkaya, 2017; Caputo, Palumbo, Pelagagge, & Scacchia, 2005; Kim, & Park, 2016). Se estima que en la última década la demanda de energía creció en aproximadamente un 0,9 %. Todo lo anterior, ha llevado a investigaciones tendientes a optimizar los procesos actuales de generación y a la necesidad de estudiar otras fuentes alternativas de energía (Ma et al., 2017).

Los países signatarios del Acuerdo de París continúan aumentando sus esfuerzos en la mitigación del cambio climático, al promover la implementación de energías renovables (European Commission, 2009; Streck, Keenlyside, & Von Unger, 2016; Ourbak, & Magnan, 2018). Es así, como las políticas medioambientales propuestas a nivel mundial en el sentido de disminuir el continuo avance en el calentamiento global causado principalmente por el uso indiscriminado de combustibles fósiles, refuerza la necesidad de encontrar nuevas alternativas para la producción de energía; entre ellas, la principal corresponde a la bioenergía (Martínez & Lora, 2015). El uso de la bioenergía proviene de la biomasa y correspondió a la principal fuente de energía utilizada hasta los comienzos de la revolución industrial (Martínez & Lora, 2015). Desde el siglo XVIII en adelante se inicia el uso de los recursos fósiles como fuente de energía (Wyman, 2013). La generación de energía a través de recursos fósiles, junto a otras actividades humanas, están causando concentraciones importantes de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, incluidos el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), sus incrementos han ido en aumento en las últimas décadas, situación que está generado repercusiones de riesgo importante para el cambio climático global (Pachauri et al. 2014).

La energía obtenida de biomasa vegetal se considera que tiene un elevado potencial de producción, debido principalmente a su proceso de generación continua,

capacidad de adaptación a las condiciones ambientales, bajo costo ambiental y simplicidad de manejo. La generación de este tipo de energía presenta algunas limitaciones como son los costos de extracción, transporte y manejo, condiciones que varían dependiendo del país de origen, los tipos de especies que se manejen, las condiciones geográficas y ambientales (Gabrielle, Nguyen, Maupu, & Vial, 2013; Guerra, Oguri, & Spinelli, 2016).

Las principales fuentes que alimentan el proceso de generación de energía de biomasa corresponden en primera instancia a los desechos de plantas de sistemas productivos o plantaciones destinadas a los fines energéticos, esta segunda opción consiste en cultivos de alta densidad de especies dedicadas a la generación de altos volúmenes de biomasa en ciclos de tiempos cortos y repetidos (Guerra et al., 2016; Paneque et al., 2011).

En Chile, la generación de energía por medio de biomasa forestal tiene varias ventajas comparativas como son las superficies de bosques existentes actualmente en el país y el desarrollo de la industria maderera, sin embargo, se plantea que la mejor solución por el momento corresponde al uso de desechos provenientes de las plantas de procesamiento, fundamentalmente por algunas limitaciones, como el abastecimiento permanente de biomasa en zonas de amplitud máxima de aproximadamente 100 Km. y la derivación de los bosques para otros usos con mejores rentabilidades económicas (Álvarez *et al.*, 2007; Pontt y Guiñez, 2008; Basler, 2016; Beltrán & Morales, 2008).

En Chile la superficie cubierta por bosques representa el 23,3 % del territorio, con 17,6 millones de hectáreas, de éstas el Bosque Nativo alcanza 14,4 millones de hectáreas, representando el 81,6 % de los recursos forestales (Corporación Nacional Forestal [CONAF], 2017). En este contexto, el manejo del bosque nativo tiene potencial para generar 4.723 MW brutos de energía, mientras que, con el manejo de plantaciones y residuos de la industria forestal y maderera, el potencial bruto es de 1.435 MW (Pontt y Guiñez, 2008).

La generación de energía a partir de la biomasa forestal, sola o combinada con otros combustibles biogénicos se estima que de alguna manera ha reducido las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA], 2019), ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> de la bioenergía aún se consideran neutrales, situación que en la práctica no necesariamente es así (Haberl et al., 2012). Al considerar el lapso entre la absorción y las emisiones, la bioenergía basada en los bosques ha mostrado impactos ambientales divergentes, además se presentan efectos indirectos en el mercado de madera, provocando fluctuaciones importantes de precios (Cintas et al., 2017; Dwivedi, Khanna, & Fuller, 2019).

Aunque muchos estudios muestran una disminución del impacto en el calentamiento global por el uso de la bioenergía forestal en reemplazo de los

combustibles fósiles, dependiendo de cómo se gestionen los usos de la tierra y las tecnologías empleadas, la bioenergía forestal puede generar una contribución positiva al cambio climático (Withey, Johnston, & Guo, 2019). Otros efectos no menores se relacionan con las estrategias de manejo forestal utilizadas para satisfacer las demandas de biomasa, es así como estrategias intensivas en explotación de los bosques podría generar serios problemas ambientales, erosión y agotamiento de nutrientes, dependiendo de la rapidez en la rotación de las plantaciones (de Bikuña, Garcia, Dias, & Freire, 2020).

Una de las grandes preocupaciones a nivel país se relaciona con la escasez creciente de las fuentes de energía, por tal motivo se hace imprescindible descubrir nuevos mercados de energía renovable, como consecuencia los objetivos de esta investigación corresponden: a) Diseñar un sistema que permita localizar y cuantificar la biomasa vegetal disponible en estructuras forestales de bosques nativos en la región de Los Ríos, b) Generar mapas a nivel regional y comunales con la ubicación espacial de los diferentes lugares que albergan la biomasa forestal disponible.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El área de estudio corresponde a la Región de los Ríos. La Región se localiza entre los 39°48'30"S 73°14'30"O, a una altitud promedio de 310 m s. n. m; La región está compuesta por las provincias de Valdivia y del Ranco, con un total de doce comunas, siendo la capital regional la ciudad de Valdivia (Figura 1). Se ubica al sur del país, limita al norte con la región de La Araucanía, al este con la provincia de Neuquén en Argentina, al sur con la región de Los Lagos y al oeste con el océano Pacífico. La población es de 384.837 habitantes en una superficie de 18 429,5 km<sup>2</sup> (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2017).

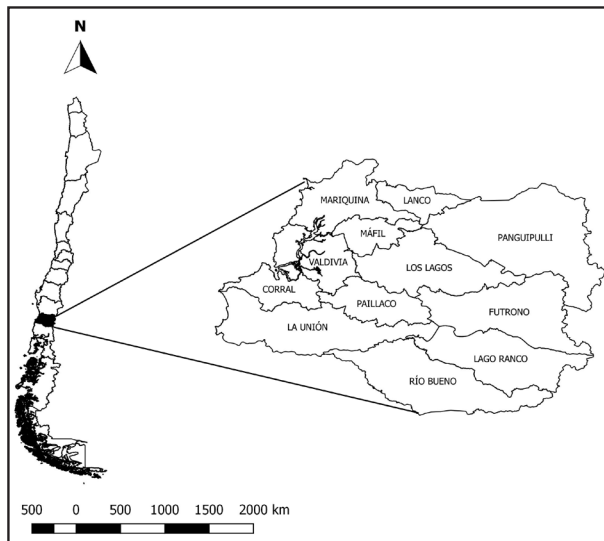


Figura 1. Ubicación de la región de Los Ríos (área de estudio). A la izquierda se muestra el mapa regional de Chile y a la derecha la región de Los Ríos.

### Bases de datos espaciales

Los datos se obtuvieron de la actualización de la cobertura de uso del suelo de la Región de los Ríos en el periodo 2006-2013 (CONAF, 2013). Se utilizaron imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth (<http://earth.google.com>); en la georreferenciación se usaron puntos de control obtenidos de las coberturas vectoriales provenientes del catastro y monitoreo nacional de uso de suelo (CONAF, 2008). Los polígonos con la clasificación de los usos de la tierra se digitalizaron sobre las imágenes georreferenciadas del año 2013, asignando un número de identificación único a cada nuevo polígono, además del número de la cobertura del periodo anterior - 2006.

La clasificación de la cobertura de uso del suelo se basó en la metodología desarrollada por el Centro de Estudios Fitosociológicos y Ecológicos Louis Emberger (CEPE/CNRS de Montpellier, Francia), conocida como Carta de Ocupación de la Tierra (Etienne y Prado, 1982). Los principales tipos de uso del suelo corresponden a las áreas urbanas e industriales, terrenos agrícolas, praderas y matorrales, plantaciones forestales, bosque nativo, bosque mixto, humedales, áreas desprovistas de vegetación, nieves, glaciales y cuerpos de agua.

Utilizando el software QGis 3.14 (2020) y haciendo uso de álgebra de mapas, se cruzaron las coberturas con restricciones y la cobertura con uso del bosque nativo de la región, determinando la superficie de bosque nativo que puede ser incorporada en actividades de planificación de manejo silvícola para generar una oferta de biomasa sostenida.

## Bases de datos numéricas

Una vez definida la superficie neta de interés se realizó una estimación de la cantidad de biomasa aprovechable que se puede obtener a través de la planificación de cortas intermedias o raleos. La aplicación de los raleos implica la extracción de un porcentaje de árboles, el cual varía entre el 30 y 35 % del área basal del bosque. Este tipo de intervención silvícola permite favorecer el crecimiento y mejorar la calidad de los árboles remanentes, manteniendo de esta forma una cobertura arbórea permanente.

La estimación de biomasa potencialmente aprovechable con fines energéticos se obtuvo a través del procesamiento de parcelas temporales establecidas durante el Inventario Forestal Nacional Extensivo (Sandoval, 1999). Una de las reglas incorporadas al sistema es que la biomasa aprovechable con fines energéticos no considera la incorporación de volúmenes de madera para productos de los tipos aserrables y debobinables posibles de obtener en un raleo comercial, solo se incluyen los residuos obtenidos del raleo y la leña. La biomasa aérea (BA) se obtuvo a partir de funciones dendrométricas (Drake, Emanuelli, y Acuña, 2003).

$$BA = f(DAP, HT, C, E, Z)$$

BA: Biomasa aérea; DAP: Diámetro a la altura del pecho (cm), HT: Altura total (m), C: Factor de calidad, E: Especie, Z: Zona de crecimiento.

## Análisis espacial

Utilizando el software GEODA 1.14.0 (Anselin, Syabri, y Kho, 2010) se calculó el estadístico G (Ord & Getis, 1992), para poder determinar si las unidades compuestas por polígonos con biomasa están agrupadas en valores altos o bajos y generar de esta forma los mapas de clústeres para la región y comunas (Ord & Getis, 1995). El estadístico G queda determinado de la siguiente manera:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j}, \quad \forall i \neq j$$

Donde  $n$  corresponde al número de casos,  $x_i$  es el valor de la variable en un lugar determinado y  $x_j$  es el valor de la variable en otro lugar ( $i \neq j$ ),  $w_{ij}(d)$  es el peso aplicado a la comparación entre la distancia de las localizaciones  $i$  y  $j$ , determinada por  $d$ . El valor de  $w_{ij}(d)$  es igual a 1 si la ubicación  $j$  se encuentra dentro de la distancia de localización, medida a partir del punto  $i$  y  $w_{ij}(d)$  es igual a cero si no se cumple el supuesto anterior. La matriz de pesos espaciales  $\{w_{ij}(d)\}$  tiene una diagonal que vale uno y los elementos fuera de ésta valen cero o uno, dependiendo

de si se encuentra dentro o fuera de la distancia  $d$ .

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{ij} < d \\ 0 & \text{si } d_{ij} > d \end{cases}$$

Para determinar la diferencia significativa que se produce entre el valor estimado de  $G$  y su valor esperado, se calculó la estandarización  $Z_G$ .

$$Z_G = \frac{G - E[G]}{\sqrt{V[G]}}$$

Donde

$$E[G] = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}{n(n-1)}, \forall i \neq j$$

$$V[G] = E[G^2] - E[G]^2$$

Las puntuaciones que se obtienen de  $Z_G$ , son simplemente estandarizaciones de  $G$ , asociadas a una distribución normal estándar. Las puntuaciones  $Z_G$ , pueden ser positivas o negativas, indicando la presencia de grupos bajos o altos, si están en un uno u otro extremo de la distribución, asociando una probabilidad que determinará la significancia en la formación de los clústeres.

Al formar los clústeres espaciales estadísticamente significativos, un polígono es considerado parte de un punto caliente (graficado en color rojo) si tiene un contenido alto de biomasa y los vecinos también presentan valores altos. Consideraciones similares se realizan para analizar los puntos fríos (graficados en color azul), con aquellos polígonos vecinos con baja cantidad de biomasa (Figura 2). Cuando la suma local tiene un valor muy diferente del esperado y la diferencia es demasiado grande en una selección aleatoria, el valor estadísticamente significativo  $Z_G$  se constituye como el resultado.

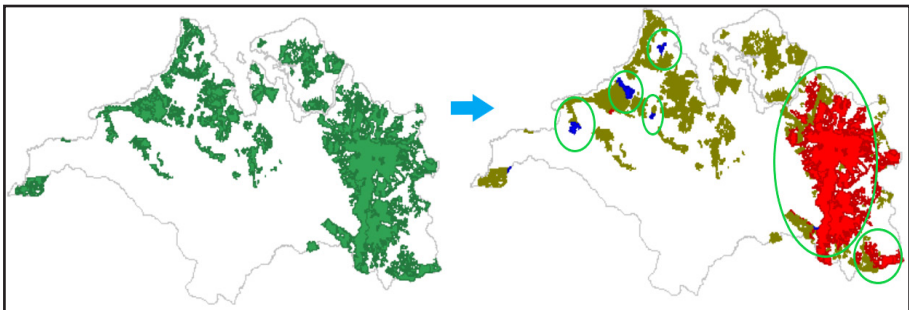


Figura 2. Formación de clúster a partir del estadístico  $G$



## RESULTADOS

Se logró determinar para la región de Los Ríos la existencia de una superficie bruta de bosque nativo de 908,531 hectáreas y posterior a la aplicación de restricciones de uso, una potencial superficie neta de bosque nativo para fines productivos, incluidos los energéticos de 585,937 hectáreas. Se concluyó que los mayores aportes de superficie productiva de biomasa se concentran en la comuna de Panguipulli (136,991 ha), seguida por las comunas de Futrono y Los Lagos con 83,290 y 71582 ha respectivamente, concentrando todas ellas el 48.8 % de la superficie total disponible en la región.

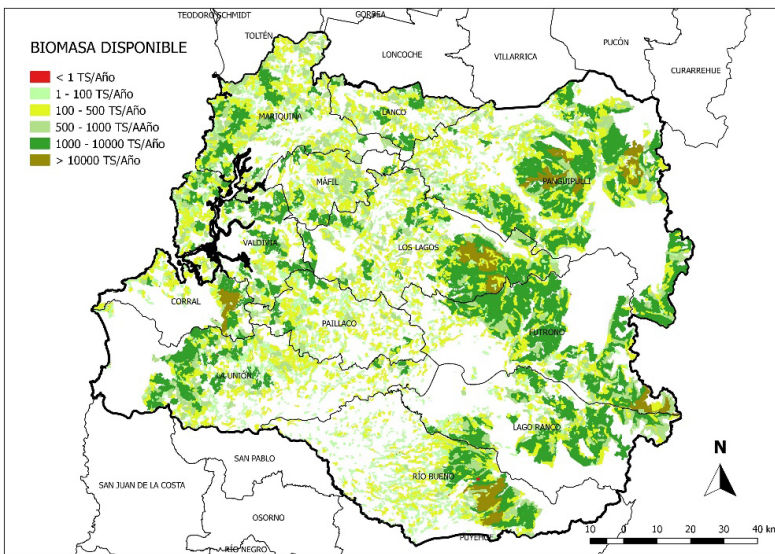


Figura 3. Distribución de la biomasa disponible en la región de Los Ríos

La región de Los Ríos tiene una capacidad de biomasa disponible de 2,324,762 TS/año. Los lugares con mayor disponibilidad de biomasa en la región se concentran en la comuna de Panguipulli (540,915 TS/año), seguida por las comunas de Los Lagos y Futrono con 297,941 y 287,421 TS/año respectivamente, concentrando todas ellas el 48.5 % de la biomasa total disponible en la región (Figura 3, 4).

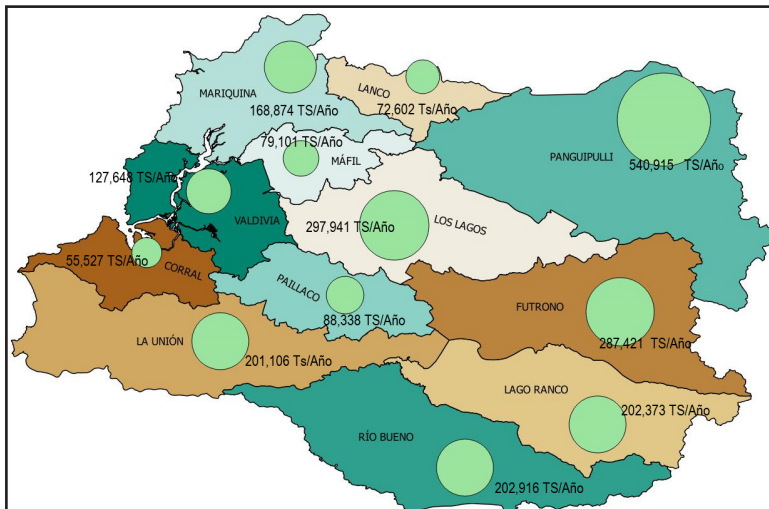


Figura 4. Distribución espacial de la biomasa disponible en toneladas secas por año en todas las comunas de la región de Los Ríos

El estadístico G aplicado en toda la región de Los Ríos permite revelar la formación de clústeres con alta concentración de biomasa hacia el sector que limita con Argentina, específicamente en la zona que incluye a las comunas de Panguipulli, Futrono, Lago Ranco y Río Bueno. En la zona Oeste de la región se observan clústeres de las mismas características, pero de menor tamaño, involucrando las comunas de La Unión, Valdivia y Mariquina. En este último sector además se observa la mayor cantidad de puntos fríos, con polígonos de baja concentración de biomasa. También podemos observar a través de todo el territorio la formación de muchos polígonos aislados y sin vecindades, esta situación se debe a la fragmentación del bosque nativo producto de su explotación y sustitución, sumado a las características fisiográficas del territorio (Figura 5).

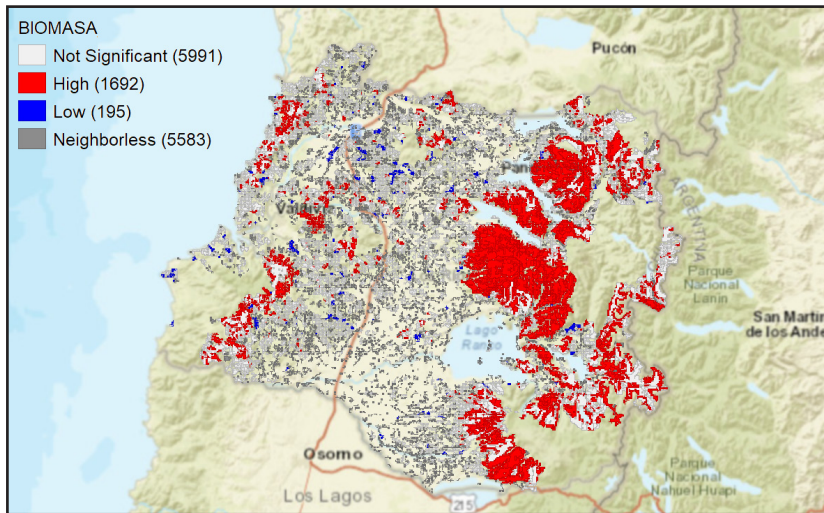


Figura 5. Clústeres de biomasa disponível na região de Los Ríos

Analizando el estadístico G aplicado a nivel de comuna y revisando los clústeres de los polígonos con la biomasa formada en su interior, podemos observar los puntos calientes en zonas más atómicas, determinando de esta manera donde se concentra la mayor cantidad de biomasa disponible a este nivel administrativo del territorio (Figura 6). La formación de clústeres con puntos fríos por comuna es muy variada, existiendo comunas con poca biomasa disponible, pero con un alto número de puntos fríos y viceversa. La cantidad de polígonos de biomasa que no tienen vecindad son diversos entre las comunas y cada una de ellas presenta situaciones particulares respecto a la fragmentación del territorio, debido principalmente a la presencia de empresas forestales y la extracción del bosque nativo.

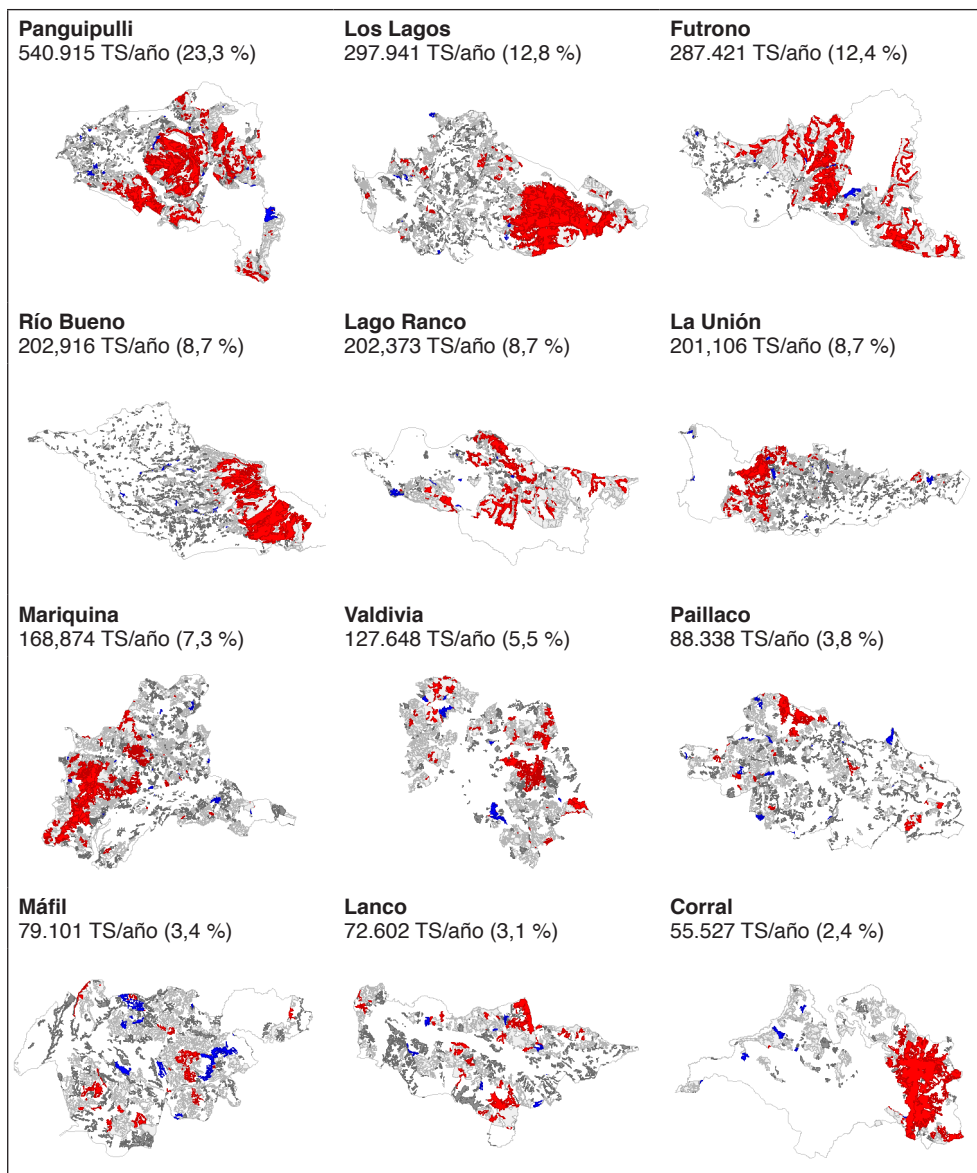


Figura 6. Clústeres de biomasa disponible por comuna en la región de Los Ríos

## CONCLUSIONES

La metodología empleada ha revelado y cuantificado la presencia del mercado de biomasa vegetal en estructuras forestales en la región de Los Ríos, determinando la ubicación espacial de este mercado en el territorio con una capacidad que en la actualidad alcanza a los 2,324,762 TS/año.

A nivel comunal se puede afirmar que la mayor cantidad de biomasa se concentra la comuna de Panguipulli con un 23.,3 % (540,915 TS/año), seguida por las comunas de Los Lagos (12.8 %) y Futrono (12.4 %) con 297,941 y 287,421 TS/año respectivamente, concentrando éstas el 48.5 % de la biomasa total disponible en la región.

El análisis espacial a través del estadístico G permitió revelar en la región donde se forman los clústeres de altas y bajas concentraciones de biomasa, situación que permite precisar con claridad en el territorio la ubicación de los mayores sumideros de biomasa.

## REFERENCIAS

- ALVAREZ, V., COHEN, I., GONZÁLEZ, D., HERRERA, C., PARDO, V., Y STANGE, M. (2007). **Disponibilidad de residuos madereros**. Residuos de la industria primaria de la madera. Disponibilidad para uso energético.
- ANSELIN, L., SYABRI, I., & KHO, Y. (2010). GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In *Handbook of applied spatial analysis* (pp. 73-89). **Springer**, Berlin, Heidelberg.
- BASLER, E. (2016). Guía metodológica para el desarrollo de estrategias energéticas locales.
- BERTRÁN, J., Y MORALES, E. (2008). **Potencial de biomasa forestal**. Potencial de generación de energía por residuos del manejo forestal en Chile.
- BILGILI, F., KOÇAK, E., BULUT, Ü., & KUŞKAYA, S. (2017). Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 830-845.
- CAPUTO, A., PALUMBO, M., PELAGAGGE, P., & SCACCHIA, F. (2005). Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass and Bioenergy*, 28(1), 35-51.
- CINTAS, O., BERNDES, G., COWIE, A., EGNELL, G., HOLMSTRÖM, H., MARLAND, G., & ÅGREN, G. (2017). Carbon balances of bioenergy systems using biomass from forests managed with long rotations: bridging the gap between stand and landscape assessments. *GCB Bioenergy*, 9(7), 1238-1251.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). (2017). **Catastro de los recursos vegetacionales de Chile**. Informe nacional. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). (2013). **Catastro de los recursos vegetacionales de Chile**. Informe actualización Región de los Ríos 2006-2013. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). (2008). **Catastro de los recursos vegetacionales de Chile**. Informe nacional. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura.

DE BIKUÑA, K., GARCIA, R., DIAS, A., & FREIRE, F. (2020). Global warming implications from increased forest biomass utilization for bioenergy in a supply-constrained context. *Journal of Environmental Management*, 263, 110292.

DRAKE, F., EMANUELLI, P., Y ACUÑA E. (2003). *Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo*. CONAF.

DWIVEDI, P., KHANNA, M., & FULLER, M. (2019). Is wood pellet-based electricity less carbon-intensive than coal-based electricity? It depends on perspectives, baselines, feedstocks, and forest management practices. *Environmental Research Letters*, 14(2), 024006.

ETIENNE M., Y PRADO, C. (1982). **Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras**. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. Agrarias y Forestales.

EUROPEAN COMMISSION. (2009). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. *Official Journal of the European Union*, 5, 2009.

GABRIELLE, B., NGUYEN, N., MAUPU, P., & VIAL, E. (2013). Life cycle assessment of eucalyptus short rotation coppices for bioenergy production in southern France. *Gcb Bioenergy*, 5(1), 30-42.

GUERRA, S., OGURI, G., & SPINELLI, R. (2016). Harvesting eucalyptus energy plantations in Brazil with a modified New Holland forage harvester. *Biomass and Bioenergy*, 86, 21-27.

HABERL, H., SPRINZ, D., BONAZOUNTAS, M., COCCO, P., DESAUBIES, Y., HENZE, M., ... & LANGE, E. (2012). Correcting a fundamental error in greenhouse gas accounting related to bioenergy. *Energy policy*, 45, 18-23

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). (2019). Key World Energy Statistics 2019. Paris, France: IEA.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). (2017). **Boletín estadístico**: Estadísticas de Chile. Santiago, Chile: Autor. <https://www.ine.cl/estadisticas/>

KIM, J., & PARK, K. (2016). Financial development and deployment of renewable energy technologies. *Energy Economics*, 59, 238-250.

MA, J., XIAO, X., BU, R., DOUGHTY, R., HU, Y., CHEN, B., ... & ZHAO, B. (2017). Application of the space-for-time substitution method in validating long-term biomass predictions of a forest landscape model. *Environmental Modelling & Software*, 94, 127-139.

MARTÍNEZ, J., & LORA, E. (Eds.). (2015). *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*.

ORD, J., & GETIS, A. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189-206.

ORD, J., & GETIS, A. (1995). Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. **Geographical analysis**, 27(4), 286-306.

OURBAK, T., & MAGNAN, A. (2018). The Paris Agreement and climate change negotiations: Small Islands, big players. **Regional Environmental Change**, 18(8), 2201-2207

PACHAURI, R., ALLEN, M., BARROS, V., BROOME, J., CRAMER, W., CHRIST, R., ... & DUBASH, N. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). IPCC.

PANEQUE, M., ROMÁN-FIGUEROA, C., VÁZQUEZ-PANIZZA, R., ARRIAZA, J. M., MORALES, D., & ZULANTAY, M. (2011). **Bioenergía en Chile**. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

PONTT, C., Y GUIÑEZ, C. (2008). **Potencial de biomasa en Chile**. Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). Valparaíso, Chile.

QGIS.org (2020). QGIS Sistema de Información Geográfica. Proyecto de Fundación Geoespacial de Código Abierto. [Http://qgis.org](http://qgis.org)

SANDOVAL, V. (1999). **Inventario Forestal Nacional Extensivo, Proyecto Catastro uso del suelo en Chile**. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

STRECK, C., KEENLYSIDE, P., & VON UNGER, M. (2016). The Paris Agreement: a new beginning. **Journal for European Environmental & Planning Law**, 13(1), 3-29.

WYMAN, O. (2013). Energy Sustainability Index: World Energy Council. *Das Master-Studium: Erweitern und vertiefen Sie Ihre Kenntnisse; World Energy Council: London, UK*.

WITHEY, P., JOHNSTON, C., & GUO, J. (2019). Quantifying the global warming potential of carbon dioxide emissions from bioenergy with carbon capture and storage. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 115, 109408.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Ação antimicrobiana 97, 204
- Acidez 151, 154, 155, 157
- Adenantha pavonina 259, 260, 261, 268
- Aedes aegypti 221, 222, 226
- Agente geológico 134
- Agrupamento 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68
- Análise das demonstrações contábeis 46, 47, 60
- Análise multitemporal 123, 125
- Annona muricata 115, 116, 117, 121, 122
- Anonaceae 115, 116
- Aprendizagem 87, 88, 89, 92, 95, 96, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 242, 243, 257, 258
- Armazenamento 100, 103, 133, 152, 153, 154, 158, 201, 202, 204, 205, 207, 210, 229

### B

- Biomineralizações de sílica 70, 82, 83
- Bosque nativo 32, 34, 36, 39, 40, 41, 44
- Broca da batata-doce 214

### C

- Cambio climático 32, 33, 35
- Cartography 1, 2, 14, 124
- Cerconota anonella 115, 116, 117
- Clústeres 32, 37, 38, 40, 41, 42, 43
- Controle alternativo 227

### D

- Dark Slope Streak 1, 2
- Datação 14C-AMS 70
- Dengue 221, 222, 226
- Desastres 235, 236, 238, 239, 241
- Detecção de queimadas 123, 124
- Digital image processing 1, 4, 9, 124, 160

DNIT 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 179, 181, 183

## **E**

Eletrofiação 184, 187, 188, 191, 192

Eletromagnetismo 86, 88, 90

Eletrônica orgânica 184, 192

Encapsulamento 97, 98, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Engenharia de custos 168

Ensino 63, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 242, 243, 244, 257, 258

Euscepes postfasciatus 213, 214, 215, 218

Experimentos 16, 19, 21, 28, 29, 86, 89, 90, 92, 95, 117, 189, 218

Extração de pistas de aeroportos 159, 162

Extratos vegetais 203, 211, 227, 234

## **F**

Filmes finos 184, 185, 189, 192, 193

Fitopatologia 227

Fuzzy 235, 236, 237, 239, 240, 241

## **G**

Galactomanana 259, 260, 261, 262, 265, 266, 267, 268

## **H**

Hematita 16, 18, 22, 25, 29

## **I**

Imagens de satélite 123, 125

Imagens orbitais 159, 161, 162, 167

Indicadores financeiros 46, 54

Indução eletromagnética 86, 88, 89, 90, 95

Infraestrutura Rodoviária 168

Infravermelho 16, 19, 259, 261, 262, 263, 264

Infusões 201, 202, 204

INMET 61, 62, 63, 66, 67

Inpainting 1, 2, 3, 5, 8, 11, 12, 13, 14, 15

Insecta 214, 215

Integral dupla 242, 243, 244, 246, 248, 249, 250, 253, 258

Ipomoea batatas 214, 215, 216, 219

## **L**

Lepidoptera 115, 116, 121, 122, 219

Lógica 52, 194, 196, 197, 198, 199, 236, 237, 241

## **M**

Matemática 1, 25, 28, 123, 124, 159, 160, 161, 165, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 242, 243, 244, 257, 258

Mentha piperita 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233

Mentha sp 201, 202, 203

Metabólitos 116, 201, 202, 204, 207, 208, 209, 210, 212

Morfologia matemática 123, 124, 159, 161, 165

Multimídia 90, 194, 195, 196, 198, 199, 200

## **N**

Nanoemulsão 97, 100, 106, 107

Nanofibras 184, 185, 187, 188, 189, 191, 192, 193

Nanopartículas 16, 18, 23, 24, 99, 105

## **O**

Óleo de inajá 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Óleos essenciais 97, 98, 99, 105, 106, 107, 108, 109, 203, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 219

Oxidação 110, 151, 153, 156, 158, 208

## **P**

Padrões 61, 62, 63, 103

Paleoambientes 70

Pechini 16, 17, 18, 23, 29

Penicillium citrinum 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233

Perfil químico 201, 202, 204, 207, 208, 210

Peróxido 17, 151, 154, 155

Politiofenos 184, 185, 189

Praia 134, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 216

Processamento digital de imagens 123, 132

Processo foto-fenton heterogêneo 16

## **Q**

Quitosana 106, 108, 118, 259, 261, 262, 265, 266, 267, 268

## **R**

R 14, 15, 24, 25, 30, 31, 44, 45, 63, 65, 68, 69, 81, 82, 83, 84, 85, 95, 110, 111, 112, 113, 114, 121, 122, 132, 149, 150, 158, 193, 199, 200, 206, 211, 212, 218, 219, 226, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 241, 245, 246, 247, 258, 268

Raciocínio lógico 194, 195, 196, 197, 198, 199

Radical hidroxila 16

Remote sensing 1, 123, 124, 132

Resiliência 235, 236, 240, 241

Risco 58, 235, 236, 237, 238, 239

Rosmarinus officinalis 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233

## **S**

Saponificação 151, 154, 156

Sedimentologia costeira 134

Semioquímicos 115, 221, 222

Sensoriamento remoto 2, 123, 124, 132, 159, 160, 161, 167

SICRO 168, 169, 170, 171, 172, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Software geogebra 242, 243

## **T**

Técnicas geoestatísticas 32

Termogravimetria 16, 21, 259, 261, 264

Tomada de decisão 46, 47, 50, 60, 235, 237

## **X**

Xantana 259, 260, 261, 262, 265, 266, 267, 268

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 