

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

3

Francisco Odécio Sales
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

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

3

Francisco Odécio Sales
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
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 Internazionale 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^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
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 Andreza 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
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. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Kimberly Elisandra Gonçalves Carneiro
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 3 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-712-3

DOI 10.22533/at.ed.123211301

1. Terra. 2. Ciências Exatas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 22 capítulos. Esse 3º volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais.

Tal obra objetiva publicizar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3 apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS IN HYPEREUTECTIC Al-Fe ALLOY PROCESSED BY LASER SURFACE REMELTING

Moises Meza Pariona

DOI 10.22533/at.ed.1232113011

CAPÍTULO 2..... 15

UMA ANÁLISE DA COMERCIALIZAÇÃO E CONTROLE METROLÓGICO DE GNV NO BRASIL

Edisio Alves de Aguiar Junior

Rodrigo Ornelas de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.1232113012

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE DE FALHA POR MEIOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS-X DE UM SENSOR DE TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA AUTOMOTIVA

Miguel Angel Neri Flores

DOI 10.22533/at.ed.1232113013

CAPÍTULO 4..... 35

ASTROFÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Karina Edilaini da Silva Barros

DOI 10.22533/at.ed.1232113014

CAPÍTULO 5..... 48

AVALIAÇÃO DE METAIS EM LODO RESIDUAL DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGEM DE PAPEL RECICLADO NO INTERIOR DO PARANÁ

Amália Gelinski Gomes

Cristiana da Silva

Délia do Carmo Vieira

Adriana Pereira Duarte

Janksyn Bertozzi

Alessandra Stevanato

DOI 10.22533/at.ed.1232113015

CAPÍTULO 6..... 68

BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E DE FABRICAÇÃO: IMPORTÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DE PIMENTA *CAPSICUM*

Cleide Maria Ferreira Pinto

Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

Roberto Fontes Araújo

Sérgio Mauricio Lopes Donzeles

DOI 10.22533/at.ed.1232113016

CAPÍTULO 7.....99

COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM GEOESTATÍSTICA EM UMA PARCELA EXPERIMENTAL

Ícaro Viterbre Debique Sousa
Heron Viterbre Debique Sousa
Antonio Mendes Magalhães Júnior
Paulo Henrique Gomes dos Santos
Álvaro Vinícius Machado
Igor Luis de Castro Faria
Hudson Marques Machado
Marcus Vinícius Gonçalves Antunes

DOI 10.22533/at.ed.1232113017

CAPÍTULO 8..... 107

CORRELAÇÃO ENTRE DPL E SPT PARA CAMADA DE AREIA EM DEPÓSITO EÓLICO DE FORTALEZA, CEARÁ

Samuel Castro Prado
Giullia Carolina de Melo Mendes
Marcos Fábio Porto de Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.1232113018

CAPÍTULO 9..... 115

DENSIDADE E SUCESSÃO ECOLÓGICA DAS ÁREAS CILIARES NA MICROBACIA URBANIZADA DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO

Marcos Vinicius Cardoso Silva
Asafe Santa Bárbara Gomes
Maria Cristina Bueno Coelho
Nelita Gonçalves Faria de Bessa
Juliana Barilli
Marcos Vinicius Giongo Alves
Maurilio Antonio Varavallo
Mauro Luiz Erpen
Yandro Santa Brigida Ataíde
Mathaus Messias Coimbra Limeira

DOI 10.22533/at.ed.1232113019

CAPÍTULO 10..... 125

ELETRODO DE GRAFITE EXTRAÍDO DE PILHA COMUM E SUA REUTILIZAÇÃO NA ELETRÓLISE DA SALMOURA

Amanda Maria Barros Alves
Aurelice Barbosa de Oliveira
Filipe Augusto Gomes Braga
Marcus Raphael Souza Leitão

DOI 10.22533/at.ed.12321130110

CAPÍTULO 11..... 134

FITÓLITOS DE SEDIMENTOS E PLANTAS – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

Heloisa Helena Gomes Coe
David Oldack Barcelos Ferreira Machado
Sarah Domingues Fricks Ricardo
Karina Ferreira Chueng

DOI 10.22533/at.ed.12321130111

CAPÍTULO 12..... 150

INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO PÚBLICA DE LONDRINA – PR

Gilnei Machado

DOI 10.22533/at.ed.12321130112

CAPÍTULO 13..... 162

MEDIÇÃO EXPERIMENTAL E MODELAGEM TERMODINÂMICA DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-LÍQUIDO DE SISTEMAS CONTENDO ETANOL, ACETATO DE ETILA E ÁGUA

Natalia Inacio Lourenço
Edson Massakazu de Souza Igarashi
Pedro Felipe Arce-Castillo

DOI 10.22533/at.ed.12321130113

CAPÍTULO 14..... 173

MODIFICAÇÃO NA ESTRUTURA MOLECULAR DO ÁCIDO SALICÍLICO E BIOENSAIOS TOXICOLÓGICOS FRENTE A LARVAS DE *Artemia salina* LEACH

Carlos Eduardo Rodrigues Aguiar
Yasmim dos Santos Alves
Tatiana de Almeida Silva
Bruna Barbosa Maia da Silva
Jaqueline Ferreira Ramos
Josefa Aqueline da Cunha Lima
Jadson de Farias Silva
Juliano Carlo Rufino Freitas

DOI 10.22533/at.ed.12321130114

CAPÍTULO 15..... 184

O USO DO SIG NO DESENVOLVIMENTO DOS GRUPOS DE ESTUDOS: O CASO DO GRUPO “ANÁLISE GEOAMBIENTAL E SUAS PAISAGENS DE EXCEÇÃO” - ANGEO

Ana Carla Alves Gomes
Ana Lúcia Moura Andrade
Emerson Rodrigues Lima
Gabriely Lopes Farias
Tháís Helena Nunes da Silva
Maria Lúcia Brito da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.12321130115

CAPÍTULO 16.....	196
POTENCIAL SOLAR NA ILHA DE FLORIANÓPOLIS – PROPOSTA DE MÉTODO Vivian da Silva Celestino Reginato DOI 10.22533/at.ed.12321130116	
CAPÍTULO 17.....	211
QUEIJOS COLONIAIS COMERCIALIZADOS NA MICRORREGIÃO DE FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL DE RESISTÊNCIA BACTERIANA Kérley Braga Pereira Bento Casaril Katiana Henning Caroline Giane de Carli Ariane Spiassi Débora Giaretta Zatta DOI 10.22533/at.ed.12321130117	
CAPÍTULO 18.....	228
SEQUÊNCIA DE FIBONACCI: A MATEMÁTICA PRESENTE NA NATUREZA José Augusto Pereira Nogueira Antonia Erineide Cavalcante DOI 10.22533/at.ed.12321130118	
CAPÍTULO 19.....	235
SOFTWARE GEOGEBRA COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES VETORIAIS Maurício do Socorro Rodrigues Ferreira José Francisco da Silva Costa Nélio Santos Nahum Walber Do Carmo Farias 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.12321130119	
CAPÍTULO 20.....	250
TERMOS/SINAIS DA TABELA PERIÓDICA: POSSIBILIDADE DE ACESSO E APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SURDOS Vanessa Argolo Oliveira Jorge Fernando Silva de Menezes DOI 10.22533/at.ed.12321130120	

CAPÍTULO 21	263
EFFECT OF <i>Luehea divaricata</i> AND <i>Pterodon emarginatus</i> EXTRACTS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF SOYBEAN BIODIESEL	
Anelize Felício Ramos	
Lucas Lion Kozlinskei	
José Osmar Castagnolli Junior	
Thiago Mendanha Cruz	
Eder Carlos Ferreira de Souza	
Sandra Regina Masetto Antunes	
Pedro Henrique Weirich Neto	
Maria Elena Payret Arrúa	
DOI 10.22533/at.ed.12321130121	
CAPÍTULO 22	275
ANODO DE ALUMÍNIO COM NANOPOROS CONTENDO NIÓBIO PARA USO EM SISTEMA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL	
Guilherme Arielo Rodrigues Maia	
Paulo Rogério Pinto Rodrigues	
Josealdo Tonholo	
DOI 10.22533/at.ed.12321130122	
SOBRE O ORGANIZADOR	286
ÍNDICE REMISSIVO	287

FITÓLITOS DE SEDIMENTOS E PLANTAS – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 07/11/2020

Heloisa Helena Gomes Coe

Departamento de Geografia, Faculdade de
Formação de Professores da UERJ,
São Gonçalo – RJ
<http://lattes.cnpq.br/6581517407434571>

David Oldack Barcelos Ferreira Machado

Programa de Pós-graduação em Geografia,
Universidade Estadual de Campinas
Campinas - SP
<http://lattes.cnpq.br/9403369830569856>

Sarah Domingues Fricks Ricardo

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Programa de Pós Graduação em Botânica do
Museu Nacional
Rio de Janeiro - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/5319602846889223>

Karina Ferreira Chueng

Programa de Pós-graduação em Dinâmica
dos Oceanos e da Terra, Departamento de
Geologia, Universidade Federal Fluminense.
Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/2781873086686862>

RESUMO: Fitólitos são partículas microscópicas de opala biogênica que se formam por precipitação de sílica amorfa entre e no interior de células de diversas plantas vivas, como resultado da absorção de ácido silícico da solução do solo pelas plantas. Possuem alto potencial de preservação e, por isso, são úteis em reconstituições

paleobiogeográficas e paleoclimáticas. Podem ser extraídos das plantas, para documentação da biodiversidade ou para estabelecimento de coleções de referência para estudos paleoambientais, ou de solos e sedimentos, para reconstituições paleoambientais. Nesse trabalho são apresentadas algumas técnicas de extração em laboratório de fitólitos de plantas e sedimentos, bem como da microscopia do material recuperado.

PALAVRAS-CHAVE: Fitólitos, plantas, sedimentos, técnicas de extração.

PHYTOLYTHS FROM SEDIMENTS AND PLANTS - EXTRACTION METHODS AND THEIR APPLICATIONS

ABSTRACT: Phytoliths are microscopic particles of biogenic opal that are formed through the precipitation of amorphous silica between and within the cells of several living plants as a result of the absorption of silicic acid from the soil solution by plants. They have high preservation potential and, therefore, are useful in paleobiogeographic and paleoclimatic reconstructions. They can be extracted from plants, for documentation of biodiversity or for establishing reference collections for paleoenvironmental studies; or from soils and sediments, for paleoenvironmental reconstructions. In this study, some laboratory extraction techniques of phytoliths from plants and sediments are presented, along with the microscopy of the recovered material.

KEYWORDS: Phytoliths, plants, sediments, extraction techniques.

1 | INTRODUÇÃO

Fitólitos são partículas microscópicas (<60-100 µm) de opala biogênica, geralmente encontradas nas frações silte e areia muito fina, que se formam por precipitação de sílica amorfa no interior e entre células de diversas plantas vivas, formadas como resultado da absorção de ácido silícico [Si(OH)₄] da solução do solo pelas plantas (PIPERNO, 2006). As plantas constroem uma estrutura ou molde onde são introduzidos os íons, posteriormente induzidos à precipitação e cristalização (EPSTEIN, 2001). A senescência e a decomposição dos restos vegetais fazem com que os fitólitos sejam incorporados ao solo, sendo estes bastante estáveis, gerando microfósseis e tornando-se importantes registros ambientais, já que apresentam configurações típicas da vegetação de origem e se preservam bem sob condições oxidantes, como nos solos. A forma do fitólito reflete o “molde” da célula em que foi formado (COE *et al.*, 2014). Assim, os fitólitos preservam os vestígios da vegetação natural, tornando possível a compreensão da evolução de uma vegetação em relação às condições bioclimáticas.

Devido a estas características, aliado ao fato de se preservarem bem em condições oxidantes, como nos solos (COE *et al.*, 2014), os fitólitos são úteis em reconstituições paleoambientais da vegetação, inferências climáticas e paleobiogeográficas. Várias são as aplicações das análises fitolíticas em estudos ambientais. No campo da Botânica, da Paleontologia e da Paleoecologia servem para documentação e reconstrução da biodiversidade, sua distribuição paleogeográfica, bem como para a caracterizações biotópicas. Também são utilizados em estudos de Pedologia (por exemplo, na análise da distribuição de fitólitos em perfis de solo atuais e em horizontes enterrados, no uso da terra e como biorremediação), em Geomorfologia para compreensão da evolução da paisagem, em Geoquímica Ambiental no entendimento do sequestro de minerais pesados e na Arqueologia para entender o repertório cultural e padrões de ocupação humana (COE *et al.*, 2013, 2014, 2017; AUGUSTIN *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2015; CHUENG *et al.*, 2018; DIAS *et al.*, 2019).

Após a extração dos fitólitos e a identificação ao microscópio dos morfotipos, é possível calcular índices fitolíticos. Tais índices permitem inferir características da vegetação, como a densidade da cobertura arbórea (índice D/P), a densidade da cobertura por palmeiras (índice Pa/P), o estresse hídrico (índice Bi), o grau de aridez (índice Iph) e a adaptação a temperaturas mais baixas (índice Ic) (COE *et al.*, 2014).

Os fitólitos podem ser extraídos de solos, sedimentos ou plantas. Nesse trabalho, apresentamos os protocolos mais utilizados pelos autores, que fazem parte do grupo de pesquisadores do NEPaleo (Núcleo de Estudos Paleobiogeoclimáticos) em estudos que utilizam biomineralizações de sílica como *proxy*.

2 | PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO DE FITÓLITOS DE SOLOS E SEDIMENTOS

A finalidade do protocolo consiste em retirar o maior número possível de partículas orgânicas e inorgânicas que possam dificultar/inviabilizar a identificação e quantificação dos morfotipos de fitólitos e outras biomineralizações de sílica (espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas) presentes nas amostras.

O protocolo contém **9 etapas** (preparação inicial, remoção dos carbonatos, oxidação da matéria orgânica, branqueamento, remoção da fração argila, solubilização de ferro, remoção da fração areia e armazenamento). Os processos estão descritos em Machado (2019), provenientes de adaptações dos protocolos utilizados em Kelly (1990) e Coe (2009).

Os equipamentos, insumos, reagentes e soluções utilizadas no protocolo de extração encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Vale ressaltar que o manejo dos itens utilizados no protocolo deve estar de acordo com as regras de segurança do laboratório e instruções de uso dos respectivos fabricantes.

Equipamentos	Capela de exaustão Agitador de tubos tipo vortex Agitador mecânico orbital Centrífuga Ebulidor elétrico Estufa ventilada Banho ultrassônico Banho-maria digital Banho de areia Balança de precisão Placa aquecedora <i>Stirrer</i> magnético Mufla
Reagentes	Ácido Clorídrico (HCl) Ácido Nítrico (HNO ₃) Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) Citrato de sódio (Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇) Cloreto de Cálcio (CaCl ₂) Ditionito de sódio (Na ₂ S ₂ O ₄) EDTA (C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈) Hexametáfosfato [(NaPO ₃) ₆] Hipoclorito de sódio (NaClO) Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) SPT - Politungstato de sódio (2Na ₂ WO ₄ ·9WO ₃ ·H ₂ O)

Outros Insumos	Água destilada EtOH - Álcool Etílico 75% e 100% Beckers de 150ml e 500ml Tubos erlenmeyer de 100ml e 200ml Tubos falcon 50ml e suporte para tubos falcon Vidros de relógio Tubos de ensaio Pinça de madeira para tubo de ensaio Pinça para cadinhos Colher de vidro Bastão de vidro Funil de vidro Lamparina Gral (almofariz) com pistilo Cadinhos de porcelana com tampa Micropipeta de volume fixo de 25 μ l Pipetas descartáveis 10ml Pissetes 500ml Peneiras de 2mm e de 250 μ m Recipientes de alumínio Tubos Eppendorf 1,5ml Lâminas e lamínulas Entellan® Glicerol Óleo de cravo (Eugenol)
-----------------------	---

Tabela 1: Equipamentos e reagentes utilizados na extração de fitólitos

Solução	Preparo
Solução ácida 1:4	25ml de ácido sulfúrico (HSO ₄) + 75ml de ácido Nítrico (HNO ₃) (para solos/sedimentos) e 25ml de ácido Nítrico (HNO ₃) + 75ml de ácido sulfúrico (HSO ₄) (para plantas) – misturado manualmente num becker de 150ml utilizando um bastão de vidro até que a solução esteja homogênea.
Solução de ácido clorídrico a 1N	1l de água destilada + 98g de ácido clorídrico (HCl) - misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea.
Solução de Citrato de sódio a 1N	1l de água destilada + 88,4g de citrato de sódio (Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇) – misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea.
Solução de cloreto de cálcio a 1N	1l de água destilada + 94g de cloreto de cálcio (CaCl ₂) misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea.
SPT - Politungstato de sódio densidade 2,31	300ml de água destilada + 680g de politungstato de sódio (2Na ₂ WO ₄ ·9WO ₃ ·H ₂ O) – misturado em <i>Stirrer</i> magnético até que a solução fique homogênea e apresente a densidade de 2,31g/ml, comprovada por densímetro.

Tabela 2: Reagentes de preparação manual

- **Etapa 1: Preparação inicial**

A etapa inicia-se com a seleção do material a partir da descrição das amostras coletadas, conforme a ficha de descrição morfológica de perfis/testemunhos de solos/sedimentos (AMARAL *et al.*, 1998), com o objetivo de facilitar a escolha da técnica utilizada em algumas etapas que variam em função de características como: presença

de material orgânico a partir da coloração; tipo de solo e/ou presença de restos vegetais; fração granulométrica predominantemente; presença ou ausência de carbonatos a partir da litologia ou conchas; e presença ou ausência de ferro por meio da cor e/ou tipo de solo.

Após identificadas as características do material, esse deve ser selecionado e transferido para recipientes de alumínio ou becker de vidro e seco na estufa a no máximo 100°C (Figura 1a). Com o material completamente seco, deve-se destorroar (Figura 1b) e peneirar na malha de 2mm, a fim de selecionar as frações de areia, silte e argila (Figura 1c).

Concluída a seleção das frações granulométricas inferiores a 2mm, deve-se selecionar a quantidade de material total a ser utilizada na extração. As amostras são armazenadas em falcons de 50ml nomeados e identificados. Seleciona-se, em uma balança de precisão, a quantidade a ser utilizada a partir das características do material, sendo: 5g para solos/sedimentos com muita matéria orgânica, organossolos ou turfeiras; ou 10g para solos/sedimentos com frações granulométricas predominantemente arenosas ou material proveniente de sítios arqueológicos.

- **Etapa 2: Remoção dos carbonatos**

A remoção dos carbonatos se inicia com o acréscimo de 30ml da solução de ácido clorídrico a 1N (Tabela 2) nas amostras, seguindo-se pela mistura manual no falcon (agitação). Após misturado, veda-se completamente o falcon e o mesmo deve permanecer no agitador mecânico orbital por 1h em velocidade média a alta (50% a 100%) (Figuras 1d e 1e).

Concluído o tempo, é necessário verificar se há volatilização (liberação de gases), identificada pelo som e presença de bolhas ao abrir o falcon. Caso haja volatilização, deve-se repetir o processo até que esta cesse completamente.

Não ocorrendo volatilização, acrescenta-se 2ml da solução cloreto de cálcio a 1N (Tabela 2) e completa-se o volume total do falcon com água destilada. A etapa se encerra com a rinsagem (lavagem da amostra com água destilada, transvasando apenas o sobrenadante) na centrífuga, em pelo menos 3000rpm, até que o pH esteja entre 5 e 7 (Figura 1f). O material deve, então, ser seco na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 3: Oxidação da matéria orgânica**

O processo de oxidação de matéria orgânica (MO) consiste na eliminação do material orgânico das amostras por meio de ataque ácido, podendo ocorrer de três maneiras: 1) ataque ácido simplificado, 2) ataque ácido moderado e 3) ataque ácido intensificado.

1) Ataque ácido simplificado: indicado para amostras que possuem pouca quantidade de matéria orgânica e/ou granulometria predominantemente arenosa. O processo se inicia com a transferência da totalidade da amostra do falcon para os tubos de ensaio (cerca de 0,5 a 1g de amostra por tubo), em seguida acrescenta-se ácido nítrico (HNO₃) com o auxílio de pipeta.

Realizada a adição do ácido, o tubo de ensaio deve ser aquecido em lamparinas até que a MO seja completamente eliminada, o que é constatado através de dois indícios: a cor da fumaça liberada torna-se branca e/ou a cor da amostra no tubo de ensaio torna-se mais clara (Figura 1h).

Concluída a queima, deve ser aguardado o resfriamento das amostras e, aos poucos, acrescentar cerca de 3ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%. Após o término da reação deve-se aguardar o resfriamento da amostra e em seguida transferi-la novamente para o falcon de 50ml. A etapa se encerra com a rinsagem da amostra na centrífuga, em pelo menos 3000rpm, até que o pH esteja entre 5 e 7. O material deve, então, ser seco na estufa a no máximo 80°C.

2) Ataque ácido moderado: indicado para amostras com moderada a grande quantidade de MO e granulometria predominantemente mais fina (silte e argila). O processo se inicia com a transferência da totalidade da amostra do falcon para os tubos de ensaio, cerca de 0,5 a 1g de amostra por tubo, seguindo-se pelo acréscimo da solução ácida 1:4 (1 de ácido sulfúrico e 3 de nítrico) (Tabela 2) com auxílio de pipeta (Figura 1g). Aquece-se na lamparina até que a MO seja eliminada completamente, seguindo os mesmos indicativos e finalização do ataque ácido simplificado (Figura 1h).

3) Ataque ácido intensificado: destinado a amostras com grandes quantidades de MO, como as provenientes de organossolos/turfeiras e/ou amostras com elevada quantidade de restos vegetais de tamanho inferior a 2mm. O processo se inicia com a transferência da amostra para um becker de 500ml, seguido pelo acréscimo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%, suficiente para que a amostra seja completamente coberta, então a amostra é aquecida em banho de areia na placa aquecedora a no máximo 90°C por no mínimo 6h e no máximo 8h.

Após concluída a remoção da MO, as amostras são novamente transferidas para os tubos falcon de 50ml, para que sejam realizadas as rinsagens na centrífuga, em pelo menos 3000rpm, até que o pH esteja entre 5 e 7. O material deve, então, ser seco na estufa a no máximo 80°C. Após secar completamente, é dado prosseguimento com o mesmo processo realizado no segundo método (ataque ácido moderado).

- **Etapa 4: Branqueamento**

A etapa de branqueamento é opcional e possui a finalidade de clarear as amostras o máximo possível para facilitar a identificação dos morfotipos de fitólitos e/ou outras biomineralizações de sílica presentes nas amostras. O procedimento se inicia com a transferência das amostras secas para um becker de 500ml, macerando ligeiramente as amostras com auxílio de um bastão de vidro, a fim de romper os agregados.

Adiciona-se cerca de 10ml (ou a quantidade suficiente para cobrir as amostras) de hipoclorito de sódio ($NaClO$) a 6%, deixando a reação ocorrer por no mínimo 65h e no máximo 72h consecutivas e ininterruptas (Figuras 1i e 1j).

Concluído o tempo da reação, completa-se o becker com água destilada quente (ponto de ebulição) e inicia-se a rinsagem no próprio becker (2h após a adição de água destilada quente), por no mínimo 8 vezes ou até que o hipoclorito de sódio seja completamente removido (quando a amostra está sem o odor característico do NaClO) (Figura 1j).

- **Etapa 5: Remoção da fração argila**

A finalidade deste procedimento é remover o máximo possível das partículas de argila presentes nas amostras de solo, pois essa fração pode formar agregados que dificultam a identificação e quantificação dos morfotipos de fitólitos e outras biomineralizações presentes na amostra. A etapa é composta por duas fases:

A primeira consiste em acrescentar 10g de Hexametáfosfato $[(NaPO_3)_6]$ na amostra contida em becker de 500ml, completando, em seguida, o volume do recipiente com água destilada quente. Mistura-se com um bastão de vidro até que o reagente seja completamente dissolvido (Figura 1k). É dado prosseguimento com a rinsagem das amostras, no próprio becker, utilizando água destilada em ponto de ebulição, a cada 2h, por no mínimo 10 vezes, ou até que a água esteja transparente ou levemente turva. Caso a água permaneça turva, repita o processo quantas vezes forem necessárias (Figura 1l).

A segunda se inicia após a conclusão da anterior, acrescentando-se 10g de EDTA ($C_{10}H_{16}N_2O_8$) e completando-se com água destilada quente. Mistura-se com o auxílio de um bastão de vidro até a dissolução do reagente (Figura 1m). Segue-se a rinsagem no becker a cada 2h, conforme a realizada durante a remoção do Hexametáfosfato. Concluída a etapa, a amostra é novamente transferida para o tubo falcon de 50ml e seca na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 6: Oxidação do ferro**

A etapa consiste na solubilização do ferro contido nas amostras, já que os óxidos de ferro podem criar agregados que aprisionam os fitólitos e as demais biomineralizações de sílica existentes, dificultando sua identificação e quantificação. A etapa pode ser realizada de duas maneiras, dependendo da quantidade de óxidos de ferro observada nas amostras:

1) Amostras com grandes/moderadas quantidade de ferro: amostras de cor avermelhada ou provenientes de áreas de coleta com solos/sedimentos com grandes quantidades de ferro em sua composição. Inicia-se com a transferência das amostras para um becker de 500ml onde se acrescenta ácido clorídrico (HCl) concentrado em quantidade suficiente para cobrir completamente as amostras; mistura-se manualmente com auxílio de um bastão de vidro a cada 15min, por no mínimo 1h.

Concluída a reação, deve-se transferir a amostra novamente para o falcon de 50ml. Realiza-se a rinsagem na centrífuga até que o pH esteja entre 5 e 7 e, posteriormente, o material deve ser seco na estufa a no máximo 80°C.

2) Amostras com pouca quantidade de ferro: amostras que não apresentam as características contidas na indicação do processo citado anteriormente. Com as amostras no falcon, inicia-se com o acréscimo de 10ml de água destilada e 10ml da solução de citrato de sódio a 1N (Tabela 2).

As amostras são colocadas em banho-maria e, ao atingir a temperatura de 80°C, acrescenta-se 0,5g de ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) (Figuras 1n e 1o) e agita-se manualmente o falcon até que as amostras atinjam a cor cinza esverdeado (Fe^{2+} dissolvido) (Figura 1p). A etapa se encerra com a realização da rinsagem da amostra na centrífuga até que o pH esteja entre 5 e 7, o material então deve ser seco na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 7: Remoção da fração areia**

A etapa consiste em remover as frações granulométricas superiores a 250 μm . Utiliza-se um becker de 500ml, onde é colocado um funil de vidro e uma peneira de 250 μm . Logo em seguida é despejada a amostra na peneira e, com o auxílio de um pissete com água destilada, a amostra é lavada, a fim de se recuperar todas as frações finas contidas na peneira (Figuras 1q e 1r).

Transfere-se as frações mais finas para o tubo falcon de 50ml e reserva-se a fração mais grosseira em outro tubo falcon. Após realizado o processo, o material deve ser seco na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 8: Separação densimétrica**

A etapa consiste em selecionar os materiais com densidade de 2,31g/ml (densidade das biomineralizações de sílica) e remover os minerais que não possuem densidade equivalente. Acrescenta-se 15ml da solução de líquido denso com densidade 2,31 (Tabela 2) nas amostras, que se encontram secas e dentro dos tubos falcons de 50ml. Utiliza-se uma solução com politungstato de sódio (SPT) diluído em água destilada (Figuras 1s e 1t).



Figura 1: Etapas da extração de fitólitos de solos/ sedimentos: a) Secagem das amostras na estufa ventilada; b) Destorroamento da amostra; c) Peneiragem (2 mm) da amostra; d) Remoção dos carbonatos; e) Amostras no agitador mecânico orbital; f) Amostras na centrífuga; g) Preparação da solução ácida para oxidação da matéria orgânica; h) Oxidação da matéria orgânica (antes e depois); i) Preparação para o branqueamento com hipoclorito de sódio; j) Antes e depois do branqueamento; k) Preparação para remoção da fração argila com Hexametafosfato; l) Antes e depois da remoção da fração argila; m) Preparação para remoção da fração argila com EDTA; n) Preparação dos reagentes para solubilização do ferro; o) Amostras em banho-maria para solubilização do ferro; p) Antes e depois da solubilização do ferro; q) e r) Remoção da fração areia; s) Preparação do líquido denso com SPT; t) Solução de SPT na densidade de 2,31g/ml. Fonte: Adaptado de Machado (2019)

Coloca-se a mistura da amostra no agitador de tubos tipo vortex por no mínimo 2 min e, em seguida, as mesmas são levadas ao banho de ultrassom por 5 min. Centrifuga-se por 10 min a 5000 rpm, recolhendo o material sobrenadante (que são as biomineralizações de sílica). O processo deve ser repetido por no mínimo 3 vezes.

Concluindo-se a etapa, é necessário rinsar as amostras na centrífuga a fim de remover toda a solução e, posteriormente, estas devem ser secas na estufa a no máximo 80°C.

- **Etapa 9: Armazenamento**

Após realizada todas as etapas, as amostras secas são guardadas em microtubos tipo Eppendorf de 1,5ml, devidamente identificadas, para serem utilizadas posteriormente na microscopia ou armazenamento definitivo de material (Figura 2j).

3 I PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO DE FITÓLITOS DE PLANTAS

Extrair fitólitos diretamente das plantas possibilita estimar sua presença, a quantidade e os tipos em cada espécie. Esta análise possui diversas metodologias, sendo as mais conhecidas e utilizadas a extração por via úmida (*wet oxidation*) e seca (*dry ashing*), também conhecida como calcinação (SHARMA *et al.*, 2019).

3.1 Via úmida (*wet oxidation*)

A metodologia de extração por via úmida tem como base a utilização de ácidos como o objetivo de remoção de toda a matéria orgânica do material, tendo como sobra somente o que for composto por sílica. Comumente são utilizadas as partes vegetativas da planta para este tipo de análise, principalmente as lâminas foliares, por apresentarem, na maior parte das vezes, grande acúmulo e produção de fitólitos devido às altas taxas de evapotranspiração. O seguinte protocolo foi proposto e utilizado por Ricardo (2019), utilizando, com adaptações, princípios da metodologia por via úmida elaborada por Medeanic *et al.* (2008):

3.2 Preparação das amostras

Logo depois da coleta, é necessário que as amostras sejam previamente lavadas com água corrente e água destilada, retirando possíveis resíduos de poeira e contaminação. Em seguida devem ser desidratadas em estufa a 60°C por uma semana.

Com a amostra já seca, deve ser realizada a separação de 0,5g de material foliar (Figura 2a) e novamente sua lavagem com água corrente e água destilada. Para espécies com presença de muitos tricomas, é recomendado empregar um protocolo mais rigoroso, que consiste em colocar o material dentro de um becker com água e posicioná-lo no agitador mecânico orbital na velocidade de 40% por 17 min, seguido de 17 min no ultrassom (Figuras 2b e 2c). Esses procedimentos devem ser realizados por no mínimo duas vezes,

a fim de garantir que nenhum resíduo ou fitólito trazido pelo vento resista na superfície da folha analisada. Por fim, a amostra deve ser colocada na estufa a 50°C até sua completa secagem (Figura 2d).

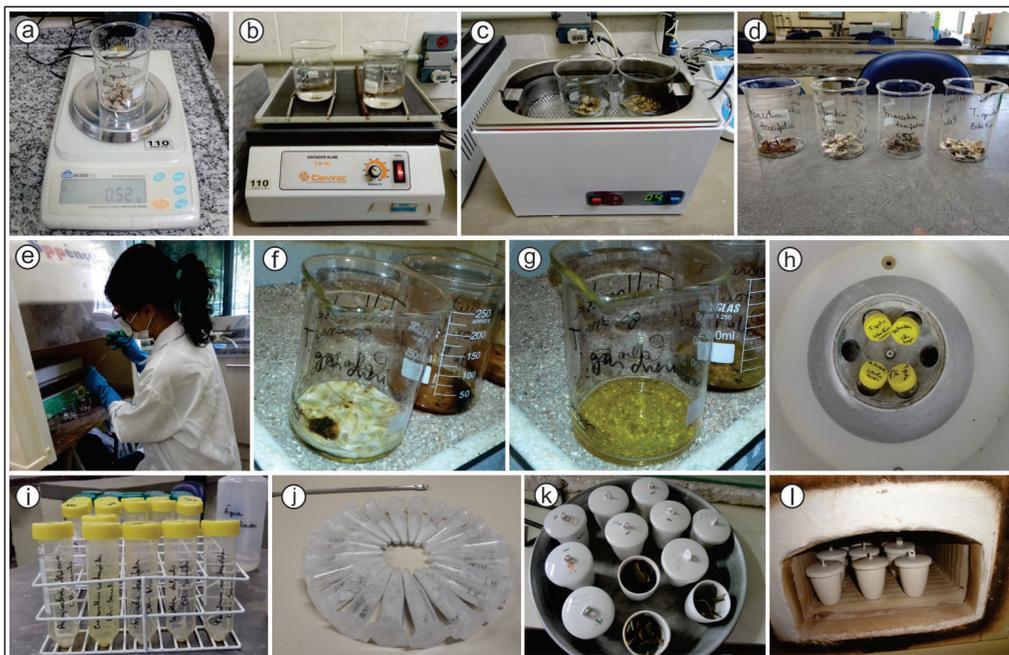


Figura 2: Etapas da extração de fitólitos de plantas: via úmida: a) Pesagem inicial b) lavagem de amostras em agitador mecânico orbital; c) Lavagem em banho ultrassônico; d) Amostras completamente secas após a lavagem; e) Adição da solução ácida 1:4; f) Reação promovida pelo acréscimo da solução ácida; g) Amostras após a remoção da matéria orgânica; h) Centrifugação das amostras; i) Amostras com pH neutro após a extração; j) Armazenamento das amostras em tubos eppendorf 1,5ml; via seca (calcinação) k) Amostras pesadas e colocadas em cadinhos com tampa ; l) Calcinação das amostras na mufla. Fonte: Adaptado de Ricardo (2019)

3.3 Extração dos fitólitos

Para a extração dos fitólitos, utiliza-se uma solução ácida 1:4 (uma parte de ácido nítrico (HNO_3) 65% para 3 partes de ácido sulfúrico (H_2SO_4)) (Tabela 2) nas amostras já preparadas de 0,5g de material foliar seco (Figura 2e). Em seguida o material é colocado em banho de areia em uma placa aquecedora por 2h (Figuras 2f e 2g).

Posteriormente, o material é centrifugado com água destilada a 3500 rpm durante 5 minutos diversas vezes (Figura 2h), até a amostra atingir um pH neutro (± 4) (Figura 2i). Em seguida, a amostra, contendo somente a sílica resultante, é armazenada (Figura 2j) para posterior observação ao microscópio.

3.4 Via seca (*dry ashing*) – Calcinação

Calcinação é o tratamento de remoção da matéria orgânica (CO_2), água e outros gases ligados a uma substância, como hidratos e carbonatos (TRINDADE, 2016). Os materiais resultantes desse método são carvões e fitólitos, derivados da reação da decomposição térmica. A extração é feita utilizando uma mufla, onde o material é aquecido a altas temperaturas. Parr *et al.* (2001) descrevem em sua metodologia a lavagem (digestão) com água destilada, 10% ácido clorídrico (HCl) e 15% de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), utilizando o protocolo subsequente:

Inicia-se pelo registro e pesagem do tubo de ensaio vazio e em seguida com amostra desidratada, a fim de registrar o peso total da amostra. Enxagua-se, então, o material vegetal em água destilada, transferindo-a para um cadinho de porcelana com tampa (Figura 2k). Em seguida, a amostra é levada a mufla por 6h na temperatura de 500°C (Figura 2l).

Após o procedimento na mufla, é necessário aguardar seu resfriamento – de um dia para o outro - e transferir a amostra para um tubo de ensaio. Então, são adicionados 10ml de ácido clorídrico (HCl) 10% no material, que deve ser aquecido em banho-maria a 70°C durante 20min ou até o término da reação. Concluída a reação, deve-se rinsar na centrífuga a 3500rpm por 5 min até que o reagente seja completamente removido. Em seguida, são acrescentados 10ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 15% e o material é aquecido em banho-maria a 70°C por no mínimo 20 min ou até a reação cessar.

O material é então levado à centrífuga a 3500 rpm por 5 min para a completa remoção do peróxido de hidrogênio. Então, acrescenta-se 1ml de álcool etílico (EtOH) 100%, aguardando o tempo mínimo de 12h até que fique completamente seco. Por fim, com o material seco, deve-se pesar a amostra para calcular o peso dos fitólitos e transferir para tubos falcon 50ml com o mínimo de álcool etílico (EtOH) possível. Em seguida é realizada a preparação das lâminas com o material resultante para observação em microscópico óptico.

4 | MICROSCOPIA E CÁLCULO DOS ÍNDICES FITOLÍTICOS

Após a extração de fitólitos das plantas e sedimentos, é selecionada uma alíquota de 25 μl do material precipitado com o auxílio de uma micropipeta de volume fixo (Figura 3a) e confeccionam-se lâminas (Figura 3b) para observação e microscopia em óleo de imersão, glicerol ou óleo de cravo (temporárias) e Entellan® (permanentes) (Figuras 3c e 3d), nas quais se estabelecem a determinação de seu conteúdo, a descrição dos principais morfotipos de fitólitos e estado de alteração das partículas.

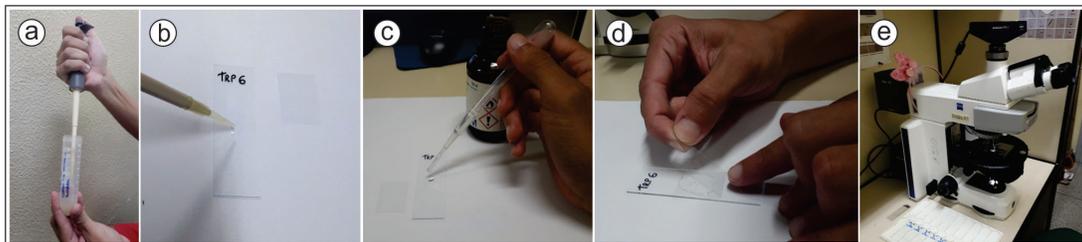


Figura 3: Microscopia das amostras: a) Coleta da alíquota de 25µl com micropipeta de volume fixo; b) Adição da amostra na lâmina; c) Adição de Entellan®; d) Colocação da lamínula; e) Microscópio eletrônico utilizado para identificação e quantificação dos morfotipos de fitólitos.
Fonte: Adaptado de Machado (2019)

Com sedimentos, para a identificação e contagem dos morfotipos ao microscópio óptico (Figura 3e) - com aumento de 500 a 630x - se faz necessária a observação de pelo menos 200 fitólitos classificáveis, sendo também contados os fitólitos não classificáveis (aqueles cujo grau de alteração não permite mais distinguir seu morfotipo), a fim de: a) estimar a frequência relativa dos distintos morfotipos segundo o Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos (ICPN 2.0) de Neumann *et al.* (2019); b) analisar o grau de alteração dos fitólitos (classificáveis / não classificáveis); c) calcular o estoque total de fitólitos em cada amostra.

Para a quantificação de fitólitos de plantas é realizada a contagem sob microscopia óptica em 3 transectos horizontais de uma lamínula de 18mm x18mm com um aumento de 500x. Cada espécie é classificada de acordo com o nível de produção de fitólitos em uma das 5 categorias: Muito alta (>300 fitólitos); Alta (100-300 fitólitos); Média (50-100 fitólitos); Pouca (10-50 fitólitos); Rara (<10 fitólitos), como descrito na metodologia de Ricardo *et al.* (2018).

A partir da contagem dos fitólitos de sedimentos, calculam-se índices fitolíticos (relações de abundância de determinados morfotipos de fitólitos), que permitem inferir parâmetros de vegetação, tais como: (1) a densidade da cobertura arbórea (D/P), (2) a densidade de palmeiras (Pa/P), (3) o índice de estresse hídrico (Bi), (4) o índice climático (Ic) e (5) o índice de aridez (Iph), conforme descrito abaixo:

1) **Índice D/P** (Dicotiledôneas lenhosas / Poaceae) indica a densidade da cobertura arbórea e é calculado:

$$D/P = \text{SPHEROID ORNATE} / (\text{short cells} + \text{ACUTE BULBOSUS} + \text{BULLIFORM FLABELLATE})$$

2) **Índice Pa/P** (Arecaceae / Poaceae) indica a densidade de cobertura por palmeiras e é calculado:

$$Pa/P = \text{SPHEROID ECHINATE} / (\text{short cells} + \text{ACUTE BULBOSUS} + \text{BULLIFORM FLABELLATE})$$

3) **Índice Bi%** (Bulliform Índice) indica o nível de estresse hídrico ao qual as plantas estão sujeitas e é calculado:

$$\text{Bi (\%)} = (\text{BULLIFORM FLABELLATE}) / [(\text{short cells} + \text{ACUTE BULBOSUS} + \text{BULLIFORM FLABELLATE})] \times 100$$

4) **Índice Ic%** (climático) indica a adaptação de uma formação vegetal a uma temperatura baixa (regiões temperadas) ou a uma forte pressão parcial do dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$) em áreas de altitude (regiões tropicais de altitude) e é calculado:

$$\text{Ic (\%)} = [(\text{RONDEL} + \text{POLYLOBATE} + \text{TRAPEZOID}) / \text{todos os short cells}] \times 100$$

5) **Índice lph** (aridez) indica o grau de aridez do ambiente a partir da proporção de fitólitos de gramíneas baixas com ciclo fotossintético em C4 (Chloridoideae) em relação ao somatório das gramíneas altas com ciclo fotossintético em C4 (sobretudo Panicoideae) e é calculado:

$$\text{lph (\%)} = [\text{SADDLE} / (\text{SADDLE} + \text{CROSS} + \text{BILOBATE})] \times 100$$

5 I CONCLUSÕES

Os fitólitos são indicadores muito utilizados em diversos campos das ciências ambientais, mas o sucesso da sua identificação depende muitas vezes da qualidade dos protocolos de laboratório utilizados durante sua extração. Os procedimentos apresentados nesse trabalho são resultado de vários anos de experiência, promovendo adaptações de métodos utilizados por diversos pesquisadores, em função do tipo de material analisado e dos equipamentos e reagentes disponíveis. Apesar de já estarem sendo utilizados há bastante tempo, novas adaptações e atualizações nestes protocolos sempre poderão ser realizadas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, E.F.; SILVA, J.R.T.; NETO, M.A.R. Sistematização da coleta de dados para a descrição morfológica de perfis de solo. **Instruções Técnicas EMBRAPA** nº 09, dez/98. 4p. 1998.

AUGUSTIN, C.H.R.R., COE, H.H.G., CHUENG, K.F., GOMES, J.G. Analysis of geomorphic dynamics in ancient quartzite landscape using phytolith and carbon isotopes, Espinhaço Mountain Range, Minas Gerais, Brazil. **Geomorphologie** 4: 355-376, 2014.

CHUENG, K.F., COE, H.H.G., FAGUNDES, M., VASCONCELOS, A.M.C., RICARDO, S.D.F. Reconstituição Paleoambiental da Área Arqueológica de Serra Negra, Face Leste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais), através da Análise de Fitólitos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 11: 7, 2018.

COE H.H.G., GOMES J.G., CHUENG K. Exemplos de reconstituições da vegetação e inferências de paleoclimas no Estado do Rio de Janeiro através da utilização de biomineralizações de sílica (fitólitos) e isótopos de carbono. **RevistaTamoios(Online)**, v.9, pp. 1 – 21, 2013

COE, H.H.G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário**. Tese de Doutorado: UFF, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 301p. 2009.

COE, H.H.G., OSTERRIETH, M.; HONAINÉ, M. F. Phytoliths and their Applications. In: COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. (ed.). **Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina)**. 1. New York: Nova Science, 2014.

COE, H.H.G., SOUZA, R.C.C.L., DUARTE, M.R., RICARDO, S.D.F., MACHADO, D.O.B.F., MACARIO, K.C.D., SILVA, E.P. Characterisation of phytoliths from the stratigraphic layers of the Sambaqui da Tarioba (Rio das Ostras, RJ, Brazil). **FLORA**, 236-237: 1-8, 2017.

DIAS, R.R.; COE, H.H.G.; LEPSCH, I.F.; RICARDO, S.D.F.; SILVA, L.M.V.; ALVARENGA, A.C., RASBOLD, G. G. Morphological Variation Of Phytoliths According to Leaf Senescence and Position in the Organs of *Brachiaria decumbens*. **FLORA**, v.151478, p.1- 6, 2019.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs. concepts. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G. H., KORNDÖRFER, G.H. (ed.). **Silicon in Agriculture**. Elsevier, Amsterdam, p. 1-15, 2001.

KELLY, E.F. Methods for extracting opal phytoliths from soil and plant material. In: **Workshop on Biotindicadores of global change**, Seattle, 1990.

MACHADO, D.O.B.F. **Reconstituição paleoambiental da área das cabeceiras do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, através de biomineralizações de sílica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 102 p., 2019.

MEDEANIC, S., CORDAZZO, C.V., CORRÊA, I.C.S., MIRLEAN, N. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. **Gravel**, v.6, n.2, p.1-14, 2008.

NEUMANN, K.; STRÖMBERG, C.A.; BALL, T.; ALBERT, R.M.; VRYDAGS, L.; CUMMINGS, L.S. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. **Annals of Botany** 124: 189–199, 2019.

PARR, J.F., C. J. LENTFER, C.J., BOYD, W.E. A Comparative Analysis of Wet and Dry Ashing Techniques for the Extraction of Phytoliths from Plant Material, **Journal of Archaeological Science** 28, 875–886, 2001.

PIPERNO, D.R. **Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists**. New York: Altamira Press, 2006.

RICARDO, S.D.F. **Variação na produção de silicofitólitos em plantas de mesma espécie ocorrentes em campos rupestres, campos de altitude e restingas**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Botânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 161p., 2019.

RICARDO, S.D.F.; COE, H.H.G.; DIAS, R.R.; SOUSA, L.O.F.; GOMES, E. Reference collection of plant phytoliths from the Caatinga biome, Northeast Brazil. **FLORA**, v. 249, p. 1-8, 2018.

SANTOS, C.P.; COE, H.H.G.; BORRELLI, N.L.; SILVA, A.L.C.; SOUSA, L.O.F.; RAMOS, Y.B.M.; SILVESTRE, C.P.; SEIXAS, A.P. Opal phytolith and isotopic studies of 'Restinga' communities of Maricá, Brazil, as a modern reference for paleobiogeoclimatic reconstruction. **Brazilian Journal of Oceanography** (Online), v.63, p.255 - 270, 2015.

SHARMA, R., KUMAR, V., KUMAR, R. Distribution of phytoliths in plants: a review. **Geology, Ecology, and Landscapes**, 3:2, 123-148, 2019.

TRINDADE, E. Determinação Da Perda Por Calcinação (PPC) [Análises Físicas] **Site Quimicando**, publicado em 28/09/2016. Acesso em 05/11/2020 <<https://quimicandovzp.com.br/determinacao-da-perda-por-calcinacao-ppc/>>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem Gamma-Gamma 162, 163, 166
Ácido Salicílico 173, 174, 175, 177, 179, 181, 183
Alquilação 173, 174, 177, 181
Artemia salina 173, 174, 176, 178, 182
Astrofísica 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

C

Capsicum spp 68, 69, 96, 97, 98
Caracterização Físico-Química 212, 227
Componentes Eletrônicos 22, 27, 28, 29, 34
Contaminação 49, 53, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 115, 143, 213, 217

D

Dependência Espacial 99, 103, 106
Drenagem Urbana 150, 161
Dynamic Probing Light 107, 108, 110

E

Efluente 49, 59, 66
Eletrodo de Grafite 125, 128, 129, 130, 131
Eletrólise 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 133
Energia Solar 196, 198, 199, 201, 207, 209, 276
Ensino de Matemática 235, 286
Equilíbrio Líquido-Líquido 162, 164, 165

F

Físico-Química 125, 127, 133, 211, 212, 213, 227
Fitólitos 134, 135, 136, 137, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148
Funções Vetoriais 235, 236, 247, 249

G

Geogebra 235, 236, 237, 241, 242, 243, 244, 247, 248, 249
Geografia 45, 134, 147, 184, 185, 186, 187, 192, 194
Geoprocessamento 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 199

GNV 15, 16, 18, 20, 21

Grupos Ecológicos 115, 116, 117, 121

I

Impermeabilização 150, 153, 158, 159

Inclusão 20, 36, 40, 80, 250, 262

Induction Time 264

Investigação do Subsolo 107, 108, 111

K

Krigagem 99, 100, 101, 104, 105

L

Laser Superficial Refusão 1

Libras 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262

Luehea Divaricata 263, 264, 265, 267, 273

M

Metais Pesados 49, 52, 67, 70, 71, 72, 81, 87, 127

Metrologia 15, 16, 17

Microdureza 1

Microestrutura 1

N

Natural Antioxidants 264, 271, 273

P

Produção Sustentável 68

Pterodon Emarginatus 263, 264, 265, 267, 272

Q

Qualidade Microbiológica 211, 212, 213, 214, 224, 225, 226, 227

Queijo Artesanal 212

Química 21, 42, 48, 51, 66, 67, 70, 76, 88, 125, 126, 127, 128, 130, 132, 133, 162, 172, 173, 174, 182, 211, 212, 213, 227, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 272, 273, 275, 283, 284

Química Sintética 173, 174

R

Radiografia de Alta Resolução 22, 28

Rayos-X 34

S

Segurança Alimentar 68, 80, 82, 95, 212, 213

Semivariograma 99, 103, 104, 105

Sensoriamento Remoto 187, 195, 196, 197, 198

Sequência de Fibonacci 228, 229, 230, 231, 233, 234

Sinalário 250, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 260

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 196, 197

SRTM 196, 197, 202, 203

Standard Penetration Test 107, 108, 109

T

Tabela Periódica 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Tablillas Electrónicas 22

Técnicas de Extração 134

Tomografia Computarizada 22, 25, 26, 27, 31, 34

U

Uniquac 162, 163, 166, 169, 170, 171

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

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

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

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 