

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

4

Francisco Odécio Sales
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021

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

4

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. Adailson 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: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 4 / 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 978-65-5706-713-0

DOI 10.22533/at.ed.130211301

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 4” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 21 capítulos. Esse 4º volume, bem como o volume 3, 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 publicitar 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 4 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 AGRICULTURA URBANA COMO PROPOSTA DE USO E OCUPAÇÃO PARA AS ÁREAS DE RISCO: EXPERIÊNCIAS POTENCIAIS QUE SUBSIDIAM AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA A CIDADE DE FORTALEZA-CE

Ana Carla Alves Gomes

Maria Lúcia Brito da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.1302113011

CAPÍTULO 2..... 15

ANÁLISE DE ESPECTROS UTILIZANDO ESPECTROSCÓPIO CASEIRO

Marcelo Antonio Amorim

Denes Alves de Farias

Edite Maria dos Anjos

Eryka Christine Viana Nascimento

Wellington Francisco da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1302113012

CAPÍTULO 3..... 26

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ROUBOS NA CIDADE DE SÃO PAULO – SP PARA OS ANOS DE 2016 E 2017

Ícaro Viterbre Debique Sousa

Alexandre Alves Oliveira

Heron Viterbre Debique Sousa

Antonio Mendes Magalhães Júnior

DOI 10.22533/at.ed.1302113013

CAPÍTULO 4..... 36

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA PRODUÇÃO DE CLONES DE *SWIETENIA MACROPHYLLA KING*

Ingrid Loraine Rocha Ribeiro

Rogério Oliveira Souza

DOI 10.22533/at.ed.1302113014

CAPÍTULO 5..... 47

BAGAÇO DE MALTE: ALTERNATIVAS DE REAPROVEITAMENTO

Jean Lucas Ribeiro de Farias

Jonas Cardoso de Oliveira

Kamila Paula Machado Rech

Vanessa Zorzan

Claudia Eugênia Castro Bravo

Ellen Porto Pinto

DOI 10.22533/at.ed.1302113015

CAPÍTULO 6..... 52

COLORIMETRIA E ABSORBÂNCIA DE FIBRAS DE TiO₂ OU DE TiO₂ CONTENDO

PERCURSORES DE TUNGSTÊNIO APLICANDO O SISTEMA CIELa*b*

Luana Góes Soares da Silva

Annelise Kopp Alves

DOI 10.22533/at.ed.1302113016

CAPÍTULO 7..... 64

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM COULOMBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO

José Antônio Pinto

Luciano Soares Pedroso

Maria Lúcia Soares Pedroso

Giovanni Armando da Costa

Guilherme Almeida de Souza Pereira

DOI 10.22533/at.ed.1302113017

CAPÍTULO 8..... 77

CYTOTOXICITY OF ESSENTIAL OILS FROM *Murraya paniculata* (L.) JACK. AND THEIR BIOLOGICAL POTENTIAL AGAINST FUNGI OF AGRONOMIC INTEREST

Flávia Fernanda Alves da Silva

Cassia Cristina Fernandes

Aline Soares Diniz

Mayker Lazaro Dantas Miranda

DOI 10.22533/at.ed.1302113018

CAPÍTULO 9..... 86

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE COBRE (II) EM CASCA DE OVO E REUSO NA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA (LACTUCA SATIVA L.)

José Antonio Rodrigues de Souza

Débora Astoni Moreira

Ellen Lemes Silva

Diego César Veloso Rezende

Matheus Rocha Mendes

João Gabriel Felismino

Wesley Anderson Siqueira Ribeiro

Walisson Marques de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.1302113019

CAPÍTULO 10..... 100

ESTUDO COMPARATIVO DE CATALISADORES $La_{(1-x)}Ca_xMnO_3$ (X=0,3) VIA MÉTODOS ÚMIDOS PARA APLICABILIDADE ECONÔMICA INDUSTRIAL AUTOMOBILÍSTICA

Symone Leandro de Castro

Davidson Nunes de Oliveira

Julia Alanne Silvino dos Santos

Filipe Martel de Magalhães Borges

DOI 10.22533/at.ed.13021130110

CAPÍTULO 11..... 111

IMPLEMENTAÇÃO DE UM DETECTOR DE CONTAS BOTS EM REDES SOCIAIS

Mateus da Silveira Colissi

Guilherme Chagas Kurtz
Sylvio André Garcia Vieira
Alexandre de Oliveira Zamberlan
DOI 10.22533/at.ed.13021130111

CAPÍTULO 12..... 132

LA MICROFÍSICA DEL PODER Y LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA: ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN LA EMERGENCIA DEL SABER ESCOLAR MATEMÁTICO

Ana Mercedes Pérez Martínez

DOI 10.22533/at.ed.13021130112

CAPÍTULO 13..... 143

AVANÇOS METODOLÓGICOS NA DATAÇÃO POR TRAÇOS DE FISSÃO E U-Pb EM ZIRCÃO

Carlos Alberto Tello Sáenz
Luiz Augusto Stuani Pereira
Murilo Candido de Azevedo
Rosana Silveira Resende

DOI 10.22533/at.ed.13021130113

CAPÍTULO 14..... 155

O USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS EM AUXÍLIO À EDUCAÇÃO EM TEMPO DE DISTANCIAMENTO SOCIAL

Gabriel Kenji Furtado Mitome
Alexandre M. Melo Silva Pessoa

DOI 10.22533/at.ed.13021130114

CAPÍTULO 15..... 166

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DE AZO-CORANTES SOBRE ÓXIDO DE FERRO SUPORTADO EM CARVÃO OBTIDO DA *Pachira aquatica Aubl*

Juraci Santos do Nascimento
Erlan Aragão Pacheco
Márcio Souza Santos
Tereza Simonne Mascarenhas Santos
Alexilda Oliveira de Souza
Cesário Francisco das Virgens

DOI 10.22533/at.ed.13021130115

CAPÍTULO 16..... 178

QUANTITATIVE ANALYSIS OF LIGHT ELEMENTS USING COMPACT XRF SPECTROMETERS

Cibele Bugno Zamboni
Dalton Giovanni Nogueira da Silva
Orion Giovane Tasso
Jose Agostinho Gonçalves de Medeiros
Maria Regina Andrade de Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.13021130116

CAPÍTULO 17	187
REVISÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO DO FÍLER CALCÁRIO COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR	
Jayne Carlos Piovesan Raduan Krause Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.13021130117	
CAPÍTULO 18	200
SINCRONIZAÇÃO DO TEMPO DE SÍMBOLO EM SISTEMAS OFDM	
Rubem Vasconcelos Pacelli Antônio Macílio Pereira de Lucena Daniel Costa Araújo Jonas Almeida Mourão	
DOI 10.22533/at.ed.13021130118	
CAPÍTULO 19	208
SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA COMUNICADO DE ACIDENTE DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Gustavo Batista Castagna Ana Paula Canal	
DOI 10.22533/at.ed.13021130119	
CAPÍTULO 20	228
“ <i>WEEPING ANGEL</i> ”: BIBLIOTECA <i>CROSS PLATAFORM</i> DE BAIXO CUSTO PARA DETECÇÃO DE ATENÇÃO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	
Alano Martins Pinto Yuri Lenon Barbosa Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.13021130120	
CAPÍTULO 21	235
APLICANDO O DESIGN THINKING NOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES	
Jonnathan Alves Teixeira Fellipe Henrique Alves de Paula Reane Franco Goulart	
DOI 10.22533/at.ed.13021130121	
SOBRE O ORGANIZADOR	241
ÍNDICE REMISSIVO	242

AVANÇOS METODOLÓGICOS NA DATAÇÃO POR TRAÇOS DE FISSÃO E U-Pb EM ZIRCÃO

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 08/12/2020

Carlos Alberto Tello Sáenz

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5982597921345094>

Luiz Augusto Stuani Pereira

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/6956952519697702>

Murilo Candido de Azevedo

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2614016564506804>

Rosana Silveira Resende

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5128461557747266>

RESUMO: Estudos com Métodos de Traços de Fissão em Zircão, MTFZ, mostraram que há uma grande variação no ataque químico entre os grãos de zircão de uma mesma amostra, mesmo para rochas hospedeiras ígneas. Há uma grande variação na densidade superficial de traços de fissão em diferentes microáreas de um mesmo grão, resultando em algumas micro áreas com

densidade de traços uniforme, e outras onde a estrutura cristalina foi totalmente (ou parcialmente) danificada após o processo de ataque químico. Grãos de zircão separados de rochas ígneas, sedimentares e metassedimentares, incluindo a Fish Canyon Tuff, foram caracterizados através de microscopia óptica e LA-ICPMS. Essa consiste na caracterização isotópica dos grãos através de espectrometria de massa por ablação a laser (LA-ICPMS). Essas análises foram realizadas antes e após o processo de ataque químico para compreender a estrutura cristalográfica do grão e sua provável relação com as idades via U-Pb e traços de fissão obtidas no mesmo grão. As idades de U-Pb foram obtidas em diferentes microáreas do grão, e, em alguns casos específicos, nas mesmas regiões nas quais a densidade de traços de fissão foram determinadas para determinar a idade via o MTFZ. Os resultados indicam que em alguns grãos de zircão as idades via U-Pb não foram similares, o que pode estar relacionado aos danos ocasionados na estrutura cristalina. Entretanto, em áreas onde a densidade de traços de fissão é uniforme, o sistema isotópico permanece fechado, o que implica nas idades obtidas pelos dois métodos de datação serem geologicamente compatíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Mineral zircão, densidade de traços de fissão, ataque químico, método de traços de fissão, datação isotópica via U-Pb.

METHODOLOGICAL ADVANCES IN ZIRCON FISSION-TRACK AND U-Pb DATING

ABSTRACT: Studies using Zircon Fission-Track Method, ZFTM, showed that there is a strong etching variation from grain to grain of a same sample, even for igneous host rocks. There is significant fission-track density variation on different micro-areas of the same zircon grain surface, resulting in some small areas where the fission-track density is uniform, and others where the crystalline structure was totally (or partially) damaged after the chemical etching process. Zircon grains belonging to igneous, sedimentary and metasedimentary samples, including the Fish Canyon Tuff, were characterized through optical microscopy and LA-ICPMS. The latter consists of the isotopic characterization of the grains by laser ablation. These analyses were made before and after the chemical etching process to study the crystallographic structure and its likely relation with U-Pb and fission-track age obtained in the same grain. The U-Pb ages were obtained in different micro-areas of the same grain and in some cases specifically at the same regions where the fission-track age was determined. The results show that in some zircon grains the U-Pb ages are not similar which could be related to damage in its crystalline structure. However, in areas where the fission-track density is uniform the isotopic system remains closed, which means that, in these cases, the ages are geologically compatibles.

KEYWORDS: Zircon mineral, fission-track density, chemical etching, fission-track method, U-Pb isotopic dating.

1 | INTRODUCTION

Zircon is a common accessory mineral in igneous, sedimentary and metamorphic rocks. This mineral has a tetragonal structure that consists of edge-sharing SiO_4 tetrahedrons and ZrO_8 dodecahedrons, (Robinson et al., 1971; Nasdala et al., 2001), whose main chemical composition is 67,22% of ZrO_2 and 32,78% of SiO_2 (Utsunomiya et al., 2004). Zircon is capable of incorporating trace elements as U and Th in concentrations in parts per million (ppm). The most abundant isotope of natural uranium is ^{238}U , which is susceptible to spontaneous fission.

The uranium fission produces latent tracks, which are disarranged and devoid of crystalline structure because of the large amounts of charge, mass and energy released after the fission process. In a natural sample, the density of fission tracks that cross the surface depends on the concentration of ^{238}U in the mineral and the elapsed time since the tracks started to accumulate. Thus, if the track density can be measured, the time can be estimated. This conception led to the development of the fission track method (FTM) as a thermochronological dating tool (Galbraith, 2005) for crystalline and amorphous minerals.

The FTM is based on the counting of individual fission tracks. These latent tracks have a diameter of about 1 \AA that can be seen under an ordinary optical microscope after a convenient chemical etching process. The fission tracks are naturally accumulated throughout the mineral's geological history. Thus, knowing the half-life of the natural decay

by spontaneous fission of the ^{238}U , the number of decays and the uranium content in the sample, it is possible to obtain the retention age of the fission tracks in the mineral. The fission-track ages are determined using a mathematical equation given by Luney et al. (2002, 2005). The zircon fission-track method (ZFTM) is used routinely in laboratories all over the world. The ZFTM combined with U-Pb (uranium-lead) and U-Th/He (uranium-thorium/helium) dating methods becomes a powerful tool for conducting tectonic studies.

One of the great difficulties in ZFTM is related to the chemical etching process (Garver, 2003). Generally, grains belonging to the same sample show different fission-track densities when observed under an optical microscope. According to the characterization studies performed on the zircon surface as a function of the etching time, this behavior may occur in different micro-areas of a grain (Dias et al., 2009; Tello et al., 2012). After etching, depending on the fission track distribution on the zircon prismatic surface (parallel to the c-axis), the grains, previously sanded and polished, can be optically classified into: homogeneous, heterogeneous, hybrid and anomalous (Dias et al., 2009; Tello et al., 2012; Resende et al., 2014). Homogeneous grains have a uniform surface-track distribution over the surface, while heterogeneous grains present some irregularities in the track distribution throughout the surface, i.e., some micro-areas of the grain have a higher fission-track density than others. This is characteristic of an anisotropic etching on the mineral surface. On the other hand, hybrid grains present some surface micro-areas with uniform track density and regions where the crystalline structure has been drastically damaged by etching. Finally, anomalous grains do not present any fission-track revelation on their surface as the crystalline structure is significantly destroyed after the etching process.

According to Resende et al. (2014), a total of 514 zircon grains collected from the Bauru Group, located north of the Paraná Basin, Brazil, were analyzed to determine the percentage of each type of grain. They were classified as being 10% heterogeneous, 20% hybrid and 60% anomalous. These proportions have also been observed in igneous rocks collected in different regions of Brazil. The Cretaceous rocks of the Paraná Basin are composed mainly of sandstones with different grain sizes (coarse, medium, fine and very fine granulation), colors (pale brown to reddish) and characteristics (conglomeratic, clay, mudstone) (Tello et al., 2012).

The present work aims to show the methodological advances acquired in the dating process of different type of zircon grains via ZMTF and U-Pb in order to infer that grains classified as heterogeneous or hybrids can be used for thermo-chronological studies. Furthermore, obtaining U-Pb ages in different micro-areas of a grain allows it to be isotopically characterized to better understand its crystalline structure.

2 | SAMPLE PREPARATION

For the dating method the rock samples, after being collected, undergo a series of experimental procedures that aim to granulometrically prepare and concentrate the minerals of interest without changing their chemical constitutions. The separation process of heavy minerals (zircon and apatite) consists of sequentially performing the following steps: i) crushing to reduce the samples to granulometric fractions; ii) sieving to separate the sprayed material in coarse ($> 200 \mu\text{m}$) and fine ($80\text{-}200 \mu\text{m}$) aliquots; iii) grinding of the coarse portion to reduce the granulometry to dimensions of approximately $80\text{-}200 \mu\text{m}$ (where the zircon concentration is more numerous); iv) magnetic and dense liquid separation. Once this is done, the next step consists of carefully selecting zircon grains by analyzing their following features: optics (colour, brightness, transparency and clarity) structure (size and shape). For more details on the mineral separation procedure see Tagami et al., 1988.

The fission-track ages were determined using the external detector method (EDM). In this procedure, the zircon grains are individually dated, which allows the observation of significant fluctuations in their ages and possible variation in the uranium content (Tagami e O'Sullivan, 2005). In the EDM the fossil tracks (^{238}U spontaneous fission) are counted in the mineral, while the induced tracks (^{235}U induced fission) are registered and counted in an external detector (muscovite mica). The induced tracks are obtained through the irradiation of the zircon grains (mounted and arranged in a 10×10 matrix in Teflon PFA ($1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$), sanded, polished and coupled to a thin layer of muscovite mica) with thermal neutrons in a nuclear reactor to induce the fission of the ^{235}U isotope, whose fragments penetrate the external detector.

For the spontaneous track revelation in the mineral, so they can be visible under an optical microscope, the zircon samples are chemically etched with an eutectic mixture of $\text{NaOH}:\text{KOH}$ (1:1), $225 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tagami et al., 1996) at variable times. The ideal etching time is when surface fission tracks have a size of approximately $2 \mu\text{m}$ (Yamada et al., 1995). The induced tracks are observed under the microscope after the mica is chemically etched with a solution of 48% HF at $15 \text{ }^\circ\text{C}$ for 90 minutes. The chemical treatment corrodes the material surface with a higher corrosion rate in the region damaged by the passage of radiation (fission tracks).

3 | FISSION-TRACK DATING

Any mineral that has sufficient amount of uranium isotope as a natural impurity can be dated through FTM. These minerals naturally accumulate spontaneous fission tracks throughout their geological history. Moreover, the tracks are stable below a given temperature. Thus, moving from a situation of complete track loss to a total track retention, through a temperature range called partial annealing zone or closing temperature. This temperature is defined as the maximum temperature (isotherm) supported by the grain

before being completely erased. Thus, the fission-track ages provide an apparent age related to the cooling path through the isotherms that define the effective retention temperature of the fission tracks in the mineral. This temperature is approximately (240 ± 50) °C for zircon (Dias et al., 2009).

The fission-track age can be used to date different geological process, e.g., rock formation, cooling, uplift, erosion, overlapping of thermal events. Furthermore, it allows to study the thermal history of the region where the samples were collected through the annealing phenomenon (track shortening due to temperature effects in geologic time scale).

The Raman spectroscopic and microscopic characterizations of zircon grains collected in the Barreiras Formation (located near the city of Matacara, Paraíba state, northeastern Brazil), before and after the chemical etching process of 6, 12 and 18 hours, indicate the crystalline structure of the homogeneous grain is significantly preserved even after a chemical treatment of 18 hours (Tello et al., 2012). For this reason, this type of grain is widely used in FTM by the Scientific Community of Fission Tracks. However, since the amount of homogeneous grain found in rock samples is frequently low, it is necessary to investigate other grain types of the same aliquot to be possibly dated via FTM.

The morphological (via optical microscopy), structural (via Raman spectroscopy) and chemical (via scanning electron microscopy coupled to an energy dispersive spectrometer) investigation of 500 grains from the Bauru Group revealed the following proportion in the grain classification: 60% anomalous, 20% hybrid, 10% heterogeneous and 10% homogeneous. Since the anomalous grain surface is significantly damaged after etching, these grains are not used in the FTM. Cretaceous rocks belonging to the Paraná Basin, where the Bauru Group is located, have an average uranium content of 150 ppm and an average Th/U of 0.7. The zircon grains from the Bauru Group have a uranium content of approximately 150 ppm, while the content for the grains from the Barreiras Formation is about 130 ppm.

Optical microscopy analysis of zircon grains belonging to the Bauru Group shows that the anisotropic feature of the chemical etching on the grain surface (regions with and without fission tracks) is an intrinsic characteristic of many zircons. However, since these grains with anisotropic feature have the same properties as those whose etching is isotropic (grains widely dated via FTM), they can also be used in the FTM through the external detector method (Dias et al., 2009). Therefore, the ages of heterogeneous and hybrids grains (together with homogeneous grains) can be determined via ZFTM.

The fission-track age distributions for the three grain types described above are shown in Figure 1 (Resende et al., 2014). The age distribution for homogeneous grains has a mean value of (271 ± 22) Ma, while for heterogeneous and hybrid grains it is about (270 ± 18) Ma and (251 ± 13) Ma, respectively. The insets in this figure show the statistical fluctuation of the ages around the mean value for each grain type, together with their standard deviations calculated by using the Poisson distribution. Regarding the random fluctuation of the ages and their respective experimental errors, there is an internal consistency in obtaining the

ages, i.e., there are no structures that could possibly indicate systematic errors. Therefore, the three age distributions are similar. Note that the three types of grains are from the same aliquot. Moreover, the reduced chi-square value for the distributions is 0.519, which results in a probability of 0.6 for the chi-square distribution (Dawson et al., 1971; Bevington e Robinson, 1992). The ages are statistically compatible as the probability belongs to the selection range (0.5; 0.95). Moreover, the three obtained fission-track ages are also geologically compatible (Dias et al., 2011).

The inclusion of heterogeneous and hybrid grains in the dating process significantly increases the statistics of the pool of ages obtained for each zircon sample. Therefore, the results in Figure 1 indicate a major advance in the dating method via fission tracks, especially in the case of detrital rocks, where the concentration of homogeneous grains is usually low. Thus, excluding the heterogeneous and hybrid grains from the FTM analysis make the dating of many samples unfeasible (Resende et al., 2014).

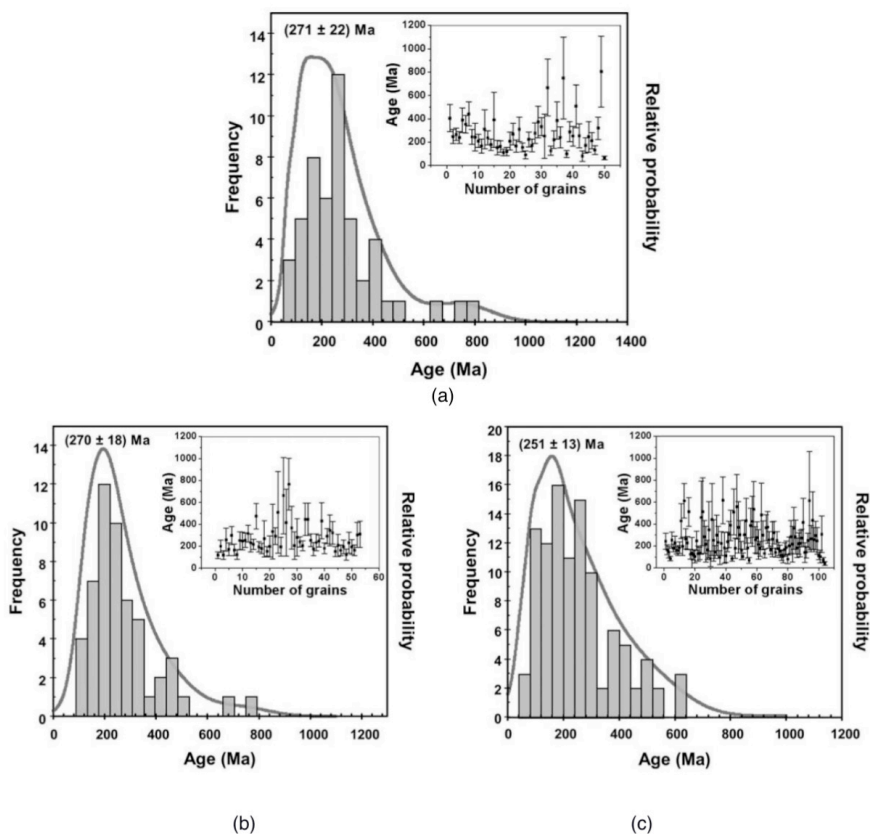


Figure 1 – Fission-track age distribution for homogeneous (a), heterogeneous (b) and hybrid (c) grains. The solid lines represent the relative probability and the inset shows the fluctuation of ages around the mean value (Resende et al., 2014).

4 | U-Pb DATING METHOD

The U-Pb dating method is based on the decay chains of the uranium isotopes: ^{238}U and ^{235}U . Both isotopes decay until they reach the stable elements ($^{238}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ and ($^{235}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow ^{207}\text{Pb}$). However, the reasons for the decay of the two chains are different. The $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ decay series has a half-life of 4.47×10^9 years, while the half-life of the $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ chain is 0.704×10^9 years. When a mineral grain is formed and cools below the closing temperature of the U-Pb system (approximately $900\text{ }^\circ\text{C}$ in geologic time scale), the U decays towards Pb begin to be recorded in the mineral, i.e., the lead isotopes (^{206}Pb e ^{207}Pb) created by the decay series (^{238}U e ^{235}U) are trapped in the mineral and their concentration increases over time. If the grain does not undergo any process that releases the radiogenic lead, the starting age for lead retention is independently and accordingly given by the ratio between daughter- and mother-elements: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. If there has been any loss of lead from the grain, as inherited from both isotopic ratios ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ and $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$) they will be discordant. Even when the ages are discordant, the nature of the U-Pb isotopic system (i.e., the fact of being formed by two decay series) allows estimating the age for starting the radiogenic lead retention. Additional details of this methodology can be found in Torquato e Kawashita (1996) and Williams (1998).

The behaviour of a closed system can be analyzed using a Concordia diagram, which provides additional information about the geological history of minerals when quantifying the behaviour of an open system (Schoene, 2014). In a Concordia diagram the ages $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ and $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ are all mathematically and statistically concordant. These ages indicate that there was no loss or gain of any U, Th, Pb isotopes or intermediate daughter-elements. Since the closing temperatures are higher for the U-Pb system, it provides older ages than the FTM.

U-Pb radiometric dating was performed on zircon grains belonging to the Fish Canyon Tuff (FCT) sample after the etching process in micro-areas with and without fission tracks (Resende et al., 2019). According to Curvo et al. (2013) the chemical etching used in FTM dating process helps to better position the laser on the grain surface to avoid reaching regions with mineralogical mixtures, thus improving the closeness of agreement between the U-Pb ages. The FCT sample comes from a pyroclastic rock formed from an intense volcanic extrusion during the Tertiary ($\sim 30\text{ Ma}$) in the volcanic mountains in San Juan during the collapse of La Garita Boiler, United States, and since then, it has not suffered any reactivation (Resende et al., 2019). Heavy minerals, zircon and apatite, from the FCT sample are used as natural standards for FTM dating.

The isotopic characterization was carried out in two different micro-areas in three FCT zircon grains. Figure 2 shows the optical images of grains 2, 12 and 22 before and after the chemical etching. Circles A and B represent the surface regions where the laser was positioned to obtain the U-Pb ages (Resende, 2015).

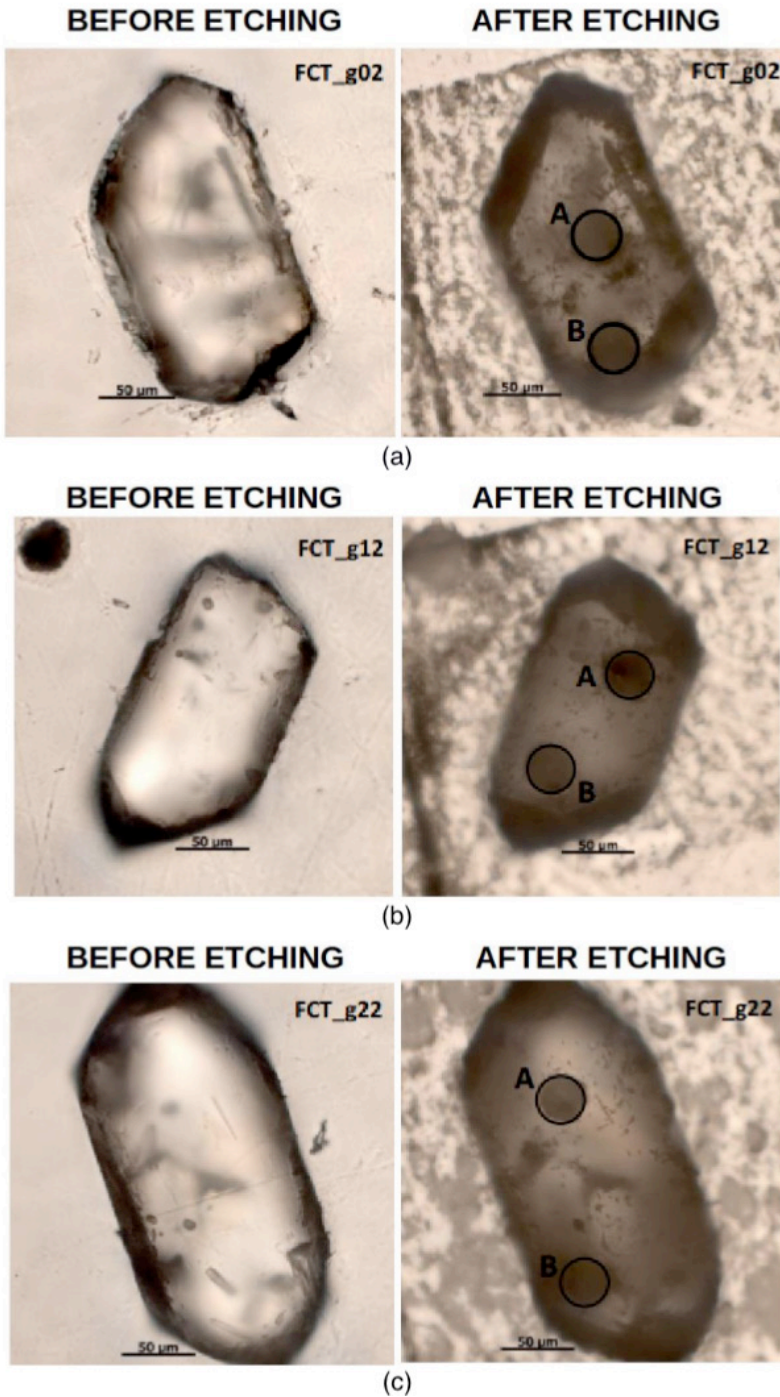


Figure 2 – Photomicrographs of grains 2 (a), 12 (b) and 22 (c) of the FCT sample (nominal magnification of 400X) (Resende, 2015).

According to the spectroscopic and microscopic characterizations of the grains above, they are classified as: grain 2 heterogeneous, 12 homogeneous and 22 heterogeneous. Regarding the isotopic characterization, the ages $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ are discordant in A and concordant in B. This discrepancy may be attributed to: i) a mineral inclusion in the ablated region; ii) mineral phases and inclusions in the grain structure that can cause the opening of the U-Pb system and iii) the leaching and metamictization phenomena that create a drastically damaged crystallographic area in the mineral, which opens the U-Pb system (Resende et al., 2019). Therefore, the FCT sample can not be used as standard for the U-Pb dating method.

Figure 3 shows the Concordia diagram with the U-Pb ages. The ages are denoted by ellipses whose major axis represents the standard deviation ($\pm 2\sigma$) of the mean age value of each grain. In addition, the age distributions are relatively situated far away from the Concordia curve, which indicates this sample does not behave as standard for the U-Pb isotopic system.

The difficulty in obtaining precise ages by the U-Pb isotopic method is related to several geological factors, e.g. loss of radiogenic Pb, imbalance among the intermediate daughter-elements in the U and Th decay chains, etc., and experimental factors inherent to the methodology.

The mean value of the U-Pb age of (28.33 ± 0.68) Ma for the FCT sample is compatible with the value of fission-track ages of about (26.6 ± 1.1) Ma (Figure 4) determined for the same sample. This result indicates the chemical etching used in FTM dating process does not significantly influence the age determination via the U-Pb isotopic system. This is because the chemical etching corrodes a surface layer of the grain of a few microns, whereas the laser ablation reaches depths from 1 to 30 μm (Resende, 2015).

The right panel of Figure 4 shows the radial diagram of the ages of each grain. The y-axis corresponds to the standard deviation, which varies about $\pm 2\sigma$ in relation to the central age of the sample. The age is given by the projection of a dotted line from the origin to the circular axis that intercepts the age point of each grain. The distribution of individual ages in relation to the horizontal age represents its dispersion.

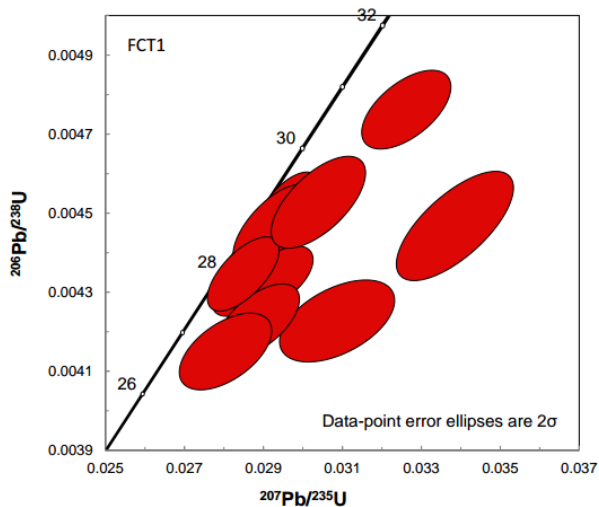


Figure 3 – Zircon U-Pb Concordia diagram for the igneous standard sample FCT (Resende, 2015).

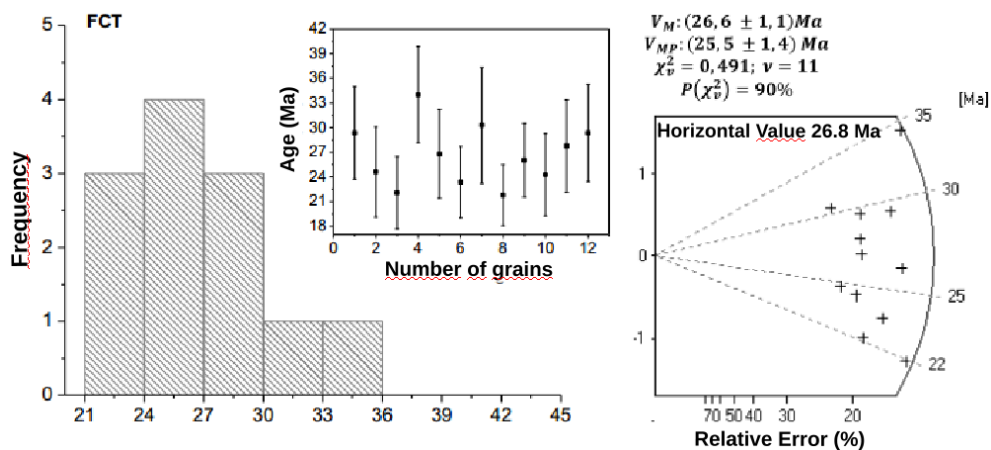


Figure 4 – Age distribution with individual age fluctuation and radial age diagram for the FCT sample. In the age fluctuation diagram VM is the age mean value (Resende, 2015).

5 | FINAL REMARKS

The presented analysis aimed to show the methodological advances in zircon fission-track and U-Pb dating methods, which suggest the possibility of both techniques being simultaneously used in geological region studies. The ages via the two dating methods were statistically concordant. This high level of agreement obtained by combining both methods is related to the direction of the laser ablation at areas with uniform fission-track density. That intrinsically accords with the use of the chemical etching to reveal morphological

nuances of the mineral crystalline structure that are imperceptible via optical microscopy and other imaging techniques, e.g. cathodoluminescence and secondary electrons, and indistinguishable by Raman spectroscopy, scanning electron microscopy and electron microprobe.

In cases the U-Pb ages are discordant in the same grain, they can be misinterpreted as distinct ages of metamorphic (re)crystallization (Resende et al., 2019). In fact, this may be related to lack of preserved crystalline structure of the mineral, which leads to the opening of the U-Pb isotopic system. If the sample goes through a cooling stage at temperatures sufficient to rebuild the crystalline structure, the isotopic system closes again, causing the age to be related to the cooling phenomenon instead of the recrystallization.

REFERENCES

Bevington, P.R.; Robinson, D.K. **Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences**. New York: McGraw-Hill, 1992. 2nd ed.

Curvo, E.A.C.; Tello S., C.A.; Carter, A.; Dias, A.N.C.; Soares, C.J.; Nakasuga, W.M.; Resende, R.S.; Gomes, M.R.; Alencar, I.; Hadler, J.C. **Zircon fission track and U-Pb dating methods applied to São Paulo and Taubaté Basins located in the southeast Brazil**. *Radiation Measurements*, v. 50, p. 172-180, 2013.

Dawson, P.; Hargreave, M.M.; Wilkinson, G.R. **Vibrational Spectrum of Zircon (ZrSiO₄)**. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, v. 4, n. 2, p. 240-256, 1971.

Dias, A.N.C.; Tello, C.A.; Constantino, C.J.L.; Soares, C.J.; Novaes, F.P.; Araya, A.M.O. **Micro-Raman Spectroscopy and SEM/EDX Applied to Improve the Zircon Fission Trac Method Used for Dating Geological Formations**. *Journal of Raman Spectroscopy*, v. 40, p. 101-106, 2009.

Dias, A.N.C.; Tello, C.A.; Chemalle Jr., F.; Godoy, M.C.T.F.; Guadagnin, Iunes, P.J.; Soares, C.J.; Araya, A.M.O.; Bruckmann, M.P. **Fission Track and U-Pb In Situ Dating Applied to Detrital Zircon from the Vale do Rio do Peixe Formation, Bauru Group, Brazil**. *Journal of America Earth Sciences*, v. 31, n. 2-3, p. 298-305, 2011.

Galbraith, R.F. **Statistics for fission track analysis**. Boca Raton, USA: Chapman and Hall/CRC, 2005. 240 p.

Garver, J.I. **Etching zircon age standards for fission-track analysis**. *Radiation Measurements*, v. 37, p. 47-53, 2003.

Iunes, P.J.; Hadler, N.C.; Bigazzi, G.; Tello S., C.A.; Guedes, O.S.; Paulo, S.R. **Durango apatite fission-track dating using length-based age corrections and neutron fluence measurements by natural thorium thin films and natural U-doped glasses calibrated through natural uranium thin films**. *Chemical Geology*, v. 187, n. 3-4, p. 201-211, 2002.

Iunes, P.J.; Bigazzi, N.C.; Hadler, N.J.C.; Laurenzi, M.A.; Balestrieri, M.L.; Norelli, P.; Osório A., A.M.; Guedes, S.; Tello S., C.A.; Paulo, S.R.; Moreira, P.A.F.P.; Palissari, R.; Curvo, E.A.C. **U and Th thin film neutron dosimetry for fission-track dating: application to the age standard Moldavite**. *Radiation Measurements*, v. 39, p. 665-66, 2005.

Nasdala, L.; Wenzel, M.; Vavra, G.; Irmer, G.; Wenzel, T.; Koer, B. **Metamictisation of natural zircon: accumulation versus thermal annealing of radioactivity-induced damage**. Contribution to Mineralogy and Petrology, v. 141, n. 2, p. 125-144, 2001.

Resende, R.S.; Tello S., C.A.; Curvo, E.A.C.; Constantino, C.J.L.; Aroca, R.F.; Nakasuga, W.M. **Raman spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) characterizations of fission track method datable zircon grains**. Applied Spectroscopy, v. 68, p. 549-556, 2014.

Resende, R.S. **Aprimoramento da sistemática U-Pb através do método de traços de fissão e técnicas de caracterização: termocronologia da faixa Brasília e sua correlação com a bacia do Paraná**. 2015. *PhD Thesis in Material Science and Technology*. UNESP – Faculty of Science and Technology, 2015.

Resende, R.S.; Tello S., C.A.; Pereira, L.A.S.; Dantas, E.L. **The effect of chemical and physical imperfections in zircon grains in influencing the U-Pb age analyses: Insights from zircon fission track etching**. Lithos, v. 346-347, 2019.

Robinson, K.; Gibbs, G.V.; Ribbe, P.H. **The structure of zircon: A comparison with garnet**. American Mineralogist, v. 56, p. 782-790, 1971.

Schoene, B. **U-Th-Pb geochronology**. Treatise on Geochemistry: 2nd ed. 4. p. 341-378, 2013

Tagami, T.; Lal, N.; Sorkhabi, R.B.; Ito, H.; Nishimura, S. **Fission Track Dating Using the External Detector Method: A Laboratory Procedure**. Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Department of Geology and Mineralogy, v. 53, n. 1-2. p. 1-30, 1988.

Tagami, T.; Carter, A.; Hurford, A.J. **Natural long-term annealing of the zircon fission-track system in Vienna Basin deep Borehole samples: constrains upon the partial annealing zone and closure temperatures**. Chemical Geology, v. 130, p. 147-157, 1996.

Tagami, T.; O'Sullivan, P.B. **Fundamentals of fission-track thermochronology**. In: Reiners, P. W.; Ehlers, T.A. (Eds.). Reviews in Mineralogy & Geochemistry, v. 5, p. 19-47, 2005.

Tello S., C.A.; Curvo, E.A.C.; Dias, A.N.C.; Soares, C.J.; Constantino, C.J.L.; Alencar, I.; Guedes, S.; Palissari, R.; Hadler, N.J.C. **Effects of etching on zircon grains and implications to the fission-track method**. Applied Spectroscopy, v. 66, n. 5, p. 545-551, 2012.

Torquato, J.R.; Kawashita, K. VII - **Metodologias de datação dos sistemas U,Th-Pb**. In: Celso Dal Ré Carneiro. (Org.). Geocronologia Nuclear. São Paulo: Ed. UNICAMP, 9, p. 153-189, 1996.

Utsunomiya, S.; Palenik, C.S.; Valley, J.W.; Cavosie, A.J.; Wilde, S.A.; Swing, R.C. **Nanoscale occurrence of Pb in an Archean zircon**. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 68, n. 22, p. 4679-4686, 2004.

Williams, I.S. **U-Th-Pb geochronology by ion microprobe**. In: McKibben, M. A., Shanks III, W.C., Rydley, W.I. (Eds.), Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes. Reviews in Economic Geology, 7, p. 1–35, 1998.

Yamada, R.; Tagami, T.; Nishimura, S. **Confined fission-track length measurement of zircon: assesment of factors affecting the paleotemperature estimate**. Chemical Geology, v. 122, p. 249-258, 1995.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidente de Trabalho 208, 209, 210, 211, 212, 213, 217, 218, 219, 220, 223, 224
AIB 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
Artemia Salina 77, 78
Ataque Químico 143

B

Bagaço de Malte 47, 48, 49, 50, 51
Biblioteca Cross Plataform 228
Bioadssorvente 86
Biocontrole 78
Bots 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 127, 128, 129, 130

C

Cariofileno 78
Centros de Cor 52
Coulomboscópio 64, 65, 66, 68, 72
Criminalidade 26, 27, 34

D

Datação Isotópica via U-Pb 143
Densidade de Traços de Fissão 143
Dependência Espacial 26, 29, 30
Design Thinking 235, 236, 237, 240
Detecção de Atenção em Dispositivos Móveis 228
Detector de Contas Bots 111, 112
Dolomita 187, 188, 189
Dosagem de Íons 178

E

Electrospinning 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 62, 63
Eletrostática 64
Engenharia de Software 235, 236, 237, 239
Espectros 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 107, 170, 171
Espectroscópio Caseiro 15, 16, 20, 21

Estaquia 36, 45, 46

Estatística Espacial 26, 27

Experimento de Baixo Custo 64

F

Fíler Calcário 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 197

FRXDE 178

Fungo Pós-Colheita 78

G

Gestão Municipal 1, 10

H

Hidratação 187, 189, 192, 194, 195, 196

I

Inovação das Ideias 235

M

Metal Pesado 86, 95

Método de Traços de Fissão 143, 154

Mineral Zircão 143

Mitigação 1, 5, 9, 187

Mogno Brasileiro 36

O

OFDM 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207

P

Perovskita 100, 101, 102, 104, 107, 109, 110

Poluentes Orgânicos 167

Propagação Vegetativa 36, 37, 45, 46

Propriedades Ópticas 52, 61, 62

R

Reação de Fenton Heterogêneo 167

Reaproveitamento 47, 49, 50, 98

Recursos Hídricos 167, 176

Redes Sociais 111, 112, 113, 129

Resíduos Agroindustriais 47, 48, 96, 98

Reuso 9, 86, 88, 96, 128

S

Sangue Total 178

Série Triboelétrica 64, 65, 70, 71, 72

Sincronismo 200, 201, 206

Sistema CIELa*b* 52

Solução Computacional 208

STO 141, 200, 201, 203, 206, 207

T

Teste Clínico 178

Transposición Didáctica 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142

W

Weeping Angel 228

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

4

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

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 