

Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2

Américo Junior Nunes da Silva
André Ricardo Lucas Vieira
(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2

Américo Junior Nunes da Silva
André Ricardo Lucas Vieira
(Organizadores)

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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/Seccional 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. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ciências exatas e da terra: aprendizado, integração e necessidades do país 2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Kimberlly Elisandra Gonçalves Carneiro
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Américo Junior Nunes da Silva
André Ricardo Lucas Vieira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: aprendizado, integração e necessidades do país 2 / Organizadores Américo Junior Nunes da Silva, André Ricardo Lucas Vieira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-961-5
DOI 10.22533/at.ed.615211404

1. Ciência. 2. Tecnologia. I. Silva, Américo Junior Nunes da (Organizador). II. Vieira, André Ricardo Lucas (Organizador). III. Título.

CDD 500

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

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, refletindo em mudanças nos níveis econômico, político e social. É comum considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem.

Sendo assim, precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico–tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e os outros.

Hoje, estamos vivendo um período, por conta do contexto da Pandemia provocada pelo Novo Coronavírus, onde os olhares se voltam a Ciência e a Tecnologia. Antes de tudo isso acontecer os conhecimentos produzidos em espaços acadêmicos, centros de pesquisa e laboratórios, por exemplo, tem buscado resposta para problemas cotidianos, em busca de melhorar a vida da população de uma forma geral.

É nesse ínterim que este livro, intitulado “Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2”, em seu segundo volume, reúne trabalhos de pesquisa e experiências em diversos espaços, com o intuito de promover um amplo debate acerca das diversas áreas que o compõe.

Por fim, ao levar em consideração todos esses elementos, a importância desta obra, que aborda de forma interdisciplinar pesquisas, relatos de casos e/ou revisões, reflete-se nas evidências que emergem de suas páginas através de diversos temas evidenciando-se não apenas bases teóricas, mas a aplicação prática dessas pesquisas.

Nesse sentido, desejamos uma boa leitura a todos e a todas.

Américo Junior Nunes da Silva
André Ricardo Lucas Vieira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

STABILITY EVALUATION OF SEQUENTIAL ESTIMATORS APPLIED TO ORBIT DETERMINATION: SIGMA-POINT AND EXTENDED KALMAN FILTERS

Paula Cristiane Pinto Mesquita Pardal

Rodolpho Vilhena de Moraes

Helio Koiti Kuga

DOI 10.22533/at.ed.6152114041

CAPÍTULO 2..... 16

VARIAÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA E DA SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM POÇOS DE MONITORAMENTO NA ÁREA DE UM ATERRO SANITÁRIO

Willian Fernando de Borba

José Luiz Silvério da Silva

Edner Baumhardt

Éricklis Edson Boito de Souza

Pedro Daniel da Cunha Kemerich

Gabriel D'ávila Fernandes

Mateus Guimarães da Silva

Fernando Ernesto Ucker

DOI 10.22533/at.ed.6152114042

CAPÍTULO 3..... 30

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM TERMÔMETRO DE SENSAÇÃO TÉRMICA NO IFSC CAMPUS URUPEMA

Glauco Cardozo

Marcos Roberto Dobler Stroschein

Enzzo Comassetto

DOI 10.22533/at.ed.6152114043

CAPÍTULO 4..... 33

DESIGN REGENERATIVO E DIREITO AMBIENTAL: CONSTRUÇÃO DE PONTE PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Marcos Paulo Marques Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6152114044

CAPÍTULO 5..... 49

O QUE ESTAMOS PRODUZINDO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO SOBRE TECNOLOGIA ASSISTIVA NO BRASIL?

Fernanda do Nascimento Maia

Renan Carvalho

Clara Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.6152114045

CAPÍTULO 6	56
TREINAMENTOS EM REALIDADE VIRTUAL VOLTADOS PARA ORGANIZAÇÕES DE ALTA CONFIABILIDADE	
Diego de Jesus Penaforte Parreiras André Ribeiro de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.6152114046	
CAPÍTULO 7	68
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS SIMPLIFICAÇÕES REALIZADAS NAS EQUAÇÕES CINEMÁTICAS DO SATÉLITE CBERS	
Roberta Veloso Garcia Hugo Henrique Valim de Lima Campos Hélio Koiti Kuga	
DOI 10.22533/at.ed.6152114047	
CAPÍTULO 8	77
A ENGENHARIA AMBIENTAL NO ESTUDO DA EROSIÃO DE PRAIAS ASSOCIADOS AOS IMPACTOS DAS CONSTRUÇÕES NA ZONA COSTEIRA NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL	
Glacianne Gonçalves de Oliveira Maia Márcio Roberto de Paula da Fonseca Luis de Carvalho Feitosa Neto Lucas Barbosa Fernandes Vitória Lima Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.6152114048	
CAPÍTULO 9	84
GÊNESE DE LINHAS DE PEDRA ATRAVÉS DE INFERÊNCIAS PALEOAMBIENTAIS NO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL, SUDESTE DO BRASIL	
Heloisa Helena Gomes Coe André Luiz Carvalho da Silva Amanda Pacheco Seixas Igo Fernando Lepsch Mauro Parolin Kita Macario	
DOI 10.22533/at.ed.6152114049	
CAPÍTULO 10	103
CARACTERIZAÇÃO DE FOLHAS DE ALUMÍNIO DE USO DOMÉSTICO POR EDXRF	
Carlos Augusto da Mata Bittencourt Junior Joaquim Teixeira de Assis Marcelino José dos Anjos	
DOI 10.22533/at.ed.61521140410	
CAPÍTULO 11	110
CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA E PRODUTIVA DA VINAGREIRA VERDE COM DIFERENTES ADUBAÇÕES NPK	
Vinícius Junqueira Minjoni	

Luis Felipe Lima e Silva
José Ricardo Mantovani

DOI 10.22533/at.ed.61521140411

CAPÍTULO 12..... 120

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES COM FOTOCOPIADORAS
UTILIZANDO *TRADESCANTIA PALLIDA***

Ana Luisa Santos de Carvalho
André Búrigo Leite
Luciano da Silva Lima

DOI 10.22533/at.ed.61521140412

CAPÍTULO 13..... 135

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS TÊXTEIS PROVENIENTES DO POLO DA MODA
DO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO NO DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE
POLIPROPILENO**

Nancy Isabel Alvarez Acevedo
Rafael Gelson Ismério Cler
Marisa Cristina Guimarães Rocha

DOI 10.22533/at.ed.61521140413

CAPÍTULO 14..... 148

**AVALIAÇÃO DA AADIÇÃO DO TALCONAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E MORFOLÓGICAS
DE MISTURAS DE POLIPROPILENO COM ELASTÔMERO TERMOPLÁSTICO**

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira
Marisa Cristina Guimarães Rocha
Joaquim Teixeira de Assis
Ana Lúcia Nazareth da Silva

DOI 10.22533/at.ed.61521140414

CAPÍTULO 15..... 160

**SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE MULTICAMADAS DE CONDUÇÃO DE CALOR
UTILIZANDO O MÉTODO QUADRUPOLO**

Guilherme Ramalho Costa
José Aguiar dos Santos Júnior
José Ricardo Ferreira Oliveira
Gilmar Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.61521140415

CAPÍTULO 16..... 167

PLANO REAL, UMA MUDANÇA NA SOCIEDADE BRASILEIRA

Felipe Matheus Rodrigues
Rita de Cassia Araújo

DOI 10.22533/at.ed.61521140416

CAPÍTULO 17..... 180

PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR: A IMPORTANCIA DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR

Bruna Larissa dos Santos Pereira

Rita de Cassia Araujo

DOI 10.22533/at.ed.61521140417

CAPÍTULO 18..... 192

O USO DA GEOMETRIA ANALÍTICA NA CONSTRUÇÃO DO GPS

Raimundo Eugênio da Silva Filho

Iarla Antunes de Matos Arrais

José Augusto Pereira Nogueira

Líliã Santos Gonçalves

Francisco Ronald Feitosa Moraes

DOI 10.22533/at.ed.61521140418

CAPÍTULO 19..... 203

A ESSÊNCIA ENTRE A DIVISÃO EUCLIDIANA E A CONGRUÊNCIA MODULAR

Marcos Garcia de Souza

Paulo Sérgio da Silva Pantoja

DOI 10.22533/at.ed.61521140419

CAPÍTULO 20..... 219

ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO DE OBSERVAÇÃO: CONJECTURANDO SOBRE ESSE ESPAÇO DE FORMAÇÃO

Lucas Gabriel Gonçalves da Silva

Américo Junior Nunes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.61521140420

SOBRE OS ORGANIZADORES 227

ÍNDICE REMISSIVO..... 228

GÊNESE DE LINHAS DE PEDRA ATRAVÉS DE INFERÊNCIAS PALEOAMBIENTAIS NO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL, SUDESTE DO BRASIL

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/02/2021

Heloisa Helena Gomes Coe

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Departamento de Geografia
São Gonçalo – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/6581517407434571>

André Luiz Carvalho da Silva

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Departamento de Geografia
São Gonçalo – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/7141564681426863>

Amanda Pacheco Seixas

Universidade Federal Fluminense
Departamento de Geologia e Geofísica Marinha
Niterói - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0014888777397287>

Igo Fernando Lepsch

Universidade de São Paulo
Departamento de Solos da ESALQ
Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/3724200764882315>

Mauro Parolin

Universidade Estadual do Paraná, Colegiado
de Geografia
Campo Mourão – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/9805072502886857>

Kita Macario

Universidade Federal Fluminense, Instituto de
Física
Niterói - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/6748446003455808>

RESUMO: O Vale do Rio Paraíba do Sul, localizado entre São Paulo e Rio de Janeiro, as duas maiores metrópoles do Brasil, compreende uma área bastante alterada e com solos desgastados e erodidos. Nessa área, a composição original de Mata Atlântica é, atualmente, representada apenas por pequenos mosaicos numa paisagem de extensos campos de pastagem. Este estudo objetiva reconstituir as condições paleoambientais do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul no Quaternário tardio e inferir possíveis mudanças climáticas e na vegetação, associadas à ocorrência de linhas de pedra. A metodologia contou com análises pedológicas, fitolíticas, isotópicas e datações (^{14}C -AMS). Foram identificadas variações na densidade arbórea: no período anterior a 9000 anos cal AP, a vegetação era predominantemente esparsa, em ambiente mais seco e com temperaturas médias mais baixas que as atuais; após este período, o ambiente tornou-se mais úmido e a vegetação mais arbórea; o período entre 9000 e 8200 anos cal AP, quando se dá a formação das linhas de pedra, foi mais seco que o anterior; a partir de cerca de 2900 anos cal AP, o ambiente se torna progressivamente mais úmido e semelhante ao atual. A hipótese de gênese das linhas de pedra é a de colúvionamento de pequena distância atrelado a períodos de chuvas concentradas.

PALAVRAS - CHAVE: reconstituição paleoambiental, fitólitos, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, linhas de pedra.

GENESIS OF STONE LINES THROUGH PALEO-ENVIRONMENTAL INFERENCES IN THE MIDDLE VALLEY OF RIO PARAÍBA DO SUL, SOUTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT: The Paraíba do Sul River Valley, located between São Paulo and Rio de Janeiro, the two largest cities in Brazil, comprises a highly altered area with weathered and eroded soils. In this area, the original composition of the Atlantic Forest is currently represented only by small mosaics in a landscape of extensive pasture fields. This study aims to reconstruct the paleoenvironmental conditions of the Middle Paraíba do Sul River Valley in the late Quaternary and to infer possible changes in climate and vegetation, associated with the occurrence of stone lines. The methodology was based on soil, phytolith, isotopic and ^{14}C -AMS analyses. Some variations in tree density were identified. In the period prior to 9000 years cal BP, the vegetation was predominantly sparse, in a drier environment and with lower average temperatures than the current, after which the environment became more humid and the vegetation more arboreal. In the period between 9000 and 8200 years cal BP, when the formation of stone lines occurs, it was drier than the previous period but from 2900 years cal BP, the environment becomes progressively more humid and similar to the current one. The hypothesis of the genesis of the stone lines is the one of colluviation of short distance linked to periods of concentrated rainfall.

KEYWORDS: paleoenvironmental reconstruction, phytoliths, Middle Paraíba do Sul River Valley, stone lines.

1 | INTRODUÇÃO

Conhecer a dinâmica de uma determinada paisagem não é apenas entendê-la no presente, sendo necessário também que se compreendam as diversas fases e variáveis diretamente responsáveis por sua evolução no tempo geológico para, assim, se projetar o seu comportamento futuro. É necessário que se analisem as dinâmicas ambientais, para se reconstituir as mudanças ocorridas ao longo das grandes eras geológicas, e, com isso, analisar os processos naturais e aqueles que decorrem da interferência antrópica, responsáveis pelas grandes mudanças ambientais (SUGUIO, 2010).

O Vale do Rio Paraíba do Sul (Figura 1), localizado entre as duas maiores metrópoles do Brasil (São Paulo e Rio de Janeiro), passou por sucessivos ciclos econômicos a partir do século XIX, quando o cultivo do café representava a principal atividade econômica desta região. Atualmente, essa região compreende uma área bastante alterada, onde a composição original de Mata Atlântica é representada apenas por pequenos mosaicos numa paisagem de extensos campos de pastagem.

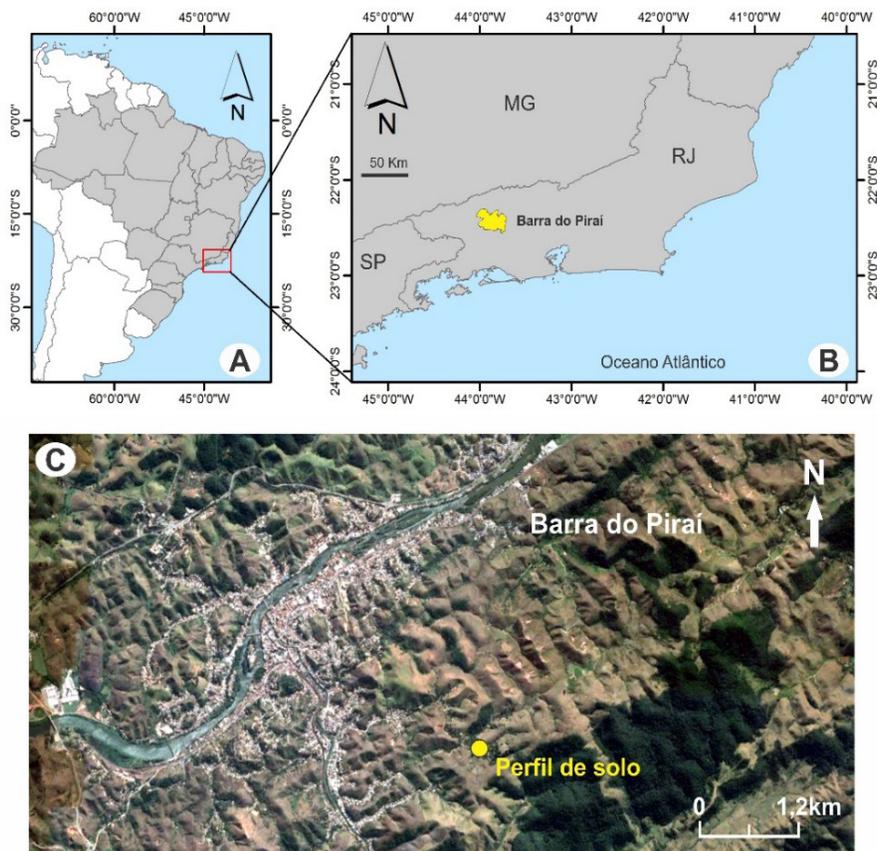


Figura 1 – Localização da área de estudo e do perfil de solo analisado no município de Barra do Pirai (RJ).

Fonte: Google Earth® (2016).

A litologia dessa região é constituída predominantemente por gnaíse; o solo se apresenta como moderadamente pedregoso e ligeiramente rochoso, classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico, caracterizado como bem drenado e com erosão moderada. Nos solos dessa região, são observadas linhas de pedra, que estão relacionadas a horizontes caracterizados pela predominância de materiais quartzosos, angulosos arredondados, couraças lateríticas e minerais pesados, entre outros (HIRUMA, 2007). As linhas de pedra podem ser formadas sob condição alóctone ou autóctone (BRAUCHER et al., 2004; SANTOS et al., 2010), no entanto, os mecanismos de formação ainda despertam divergências entre pesquisadores.

Entre as hipóteses autóctones para a origem das linhas de pedra, destaca-se a da paleopavimentação detrítica (RAYNAL, 1957; LEHMANN, 1957; TRICART, 1958; AB'SÁBER, 1962; DE PLOEY, 1964; BROWN et al., 2004); do remanejamento por

cupins (COLLINET, 1969; RIQUEIR, 1969; SEGALEN, 1969; BIGARELLA et al., 1994); da ação eólica (RIOU, 1965); da descida das partículas de maior granulometria no perfil (LAPORTE, 1962; COLLINET, 1969); do coluvionamento (MOUSINHO, BIGARELLA, 1965; PENTEADO, 1969; RIQUEIR, 1969; BIGARELLA et al., 1994); do estado de equilíbrio com a incorporação do material de origem dos veios de quartzo no solo (NYE, 1955; BERRY, RUXTON, 1959; RIQUEIR, 1969; YOUNG, 1972); do desenvolvimento local e decorrente de oscilações climáticas (BOURGEAT, PETIT, 1966) e do intemperismo residual (COLLINET, 1969; PORTO, 2003). Entre as hipóteses de origem alóctone para as linhas de pedra, destacam-se a do transporte de materiais em superfície (RIOU, 1965; VOGT, VINCENT, 1966; BOURGEAT, PETIT, 1966) e a de inversão de materiais a partir da erosão de antigas superfícies aplainadas (SEGALEN, 1969).

Neste trabalho, foram utilizados fitólitos, que são bioindicadores representados por partículas microscópicas (<60-100 μm) de opala biogênica, geralmente encontradas nas frações silte e areia muito fina, resultado da absorção de ácido silícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ do solo pelas plantas, que se formam por precipitação de sílica amorfa entre e nas células de diversas plantas vivas (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. A forma do fitólito reflete o “molde” da célula em que foi formado (COE et al., 2014a).

Assim, os fitólitos preservam os vestígios da vegetação natural, tornando possível a compreensão da evolução de uma vegetação em relação às condições bioclimáticas. Os índices fitolíticos 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) e as temperaturas mais baixas (índice Ic) (COE et al., 2014a).

Os isótopos estáveis de carbono (^{12}C e ^{13}C) também foram utilizados como proxy de processos biológicos em plantas. A discriminação isotópica do carbono durante a fotossíntese fornece informações sobre o metabolismo fotossintético em plantas, bem como suas influências ambientais. Assim, as plantas que utilizam a via fotossintética Calvin-Benson, que tende a preferir o isótopo mais leve, são chamadas de C3 e têm valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -32 a -22 ‰, e as plantas C4 usam o Ciclo Hatch-Slack e têm valores de $\delta^{13}\text{C}$ na faixa de -17 a -9 ‰ (GLEIXNER, 2002; GORDON e GOÑI, 2003; KILLOPS e KILLOPS, 2005). Consequentemente, a relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ na matéria orgânica do solo (MOS) deve permanecer próxima àquela da proporção da vegetação original. Os isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) permitem, portanto, a identificação da cobertura vegetal, com o predomínio de plantas C3 (principalmente lenhosas) ou C4 (gramíneas) (PESSENDA et al., 2005).

Análises pedológicas foram realizadas para se conhecer as características texturais (granulometria, arredondamento e angulosidade), de acidez e de basicidade; e datações

por ^{14}C -AMS da MOS, para a cronologia das mudanças observadas nas camadas e nos horizontes do solo.

Nesse sentido, este trabalho objetiva reconstituir as condições paleoambientais no Holoceno, relacionadas à ocorrência de linhas de pedra (*stone lines*) no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O perfil de solo estudado se encontra localizado no município fluminense de Barra do Piraí (22°28'53.3"S e 43°48'01.4"O - Figura 1), com altitude de 511 metros e sob vegetação campestre com espécie predominante de *Brachiaria decumbens*. Exposto em um corte de estrada, no terço superior da encosta, o perfil de solo foi dividido em nove horizontes (Ap, A2, AB, BA, B1, B2, 2BC, 3CB, C) com a presença de duas linhas de pedra, abrangendo cerca de dois metros de profundidade (Figura 2). A vegetação primária sob o perfil de solo era de Mata Atlântica, segundo o SOS Mata Atlântica (2014), e seu uso atual é como pastagem.

A textura do solo foi realizada a partir da análise granulométrica e observações quanto ao grau de arredondamento dos grãos (na fração cascalho) para posterior classificação, com base em Wentworth (1922). A granulometria foi feita em 15 amostras, para se caracterizar o tamanho dos materiais constituintes do solo. O grau de arredondamento dos grãos foi realizado em lupa binocular, com o auxílio do software ToupView®. O carbono orgânico total (COT) foi analisado utilizando-se um equipamento Perkin-Elmer CHNS/O, modelo 2400, no modo de operação CHN. A medição do pH das amostras de solo foi realizada com base no Manual de Métodos de Análises de Solo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (1997).

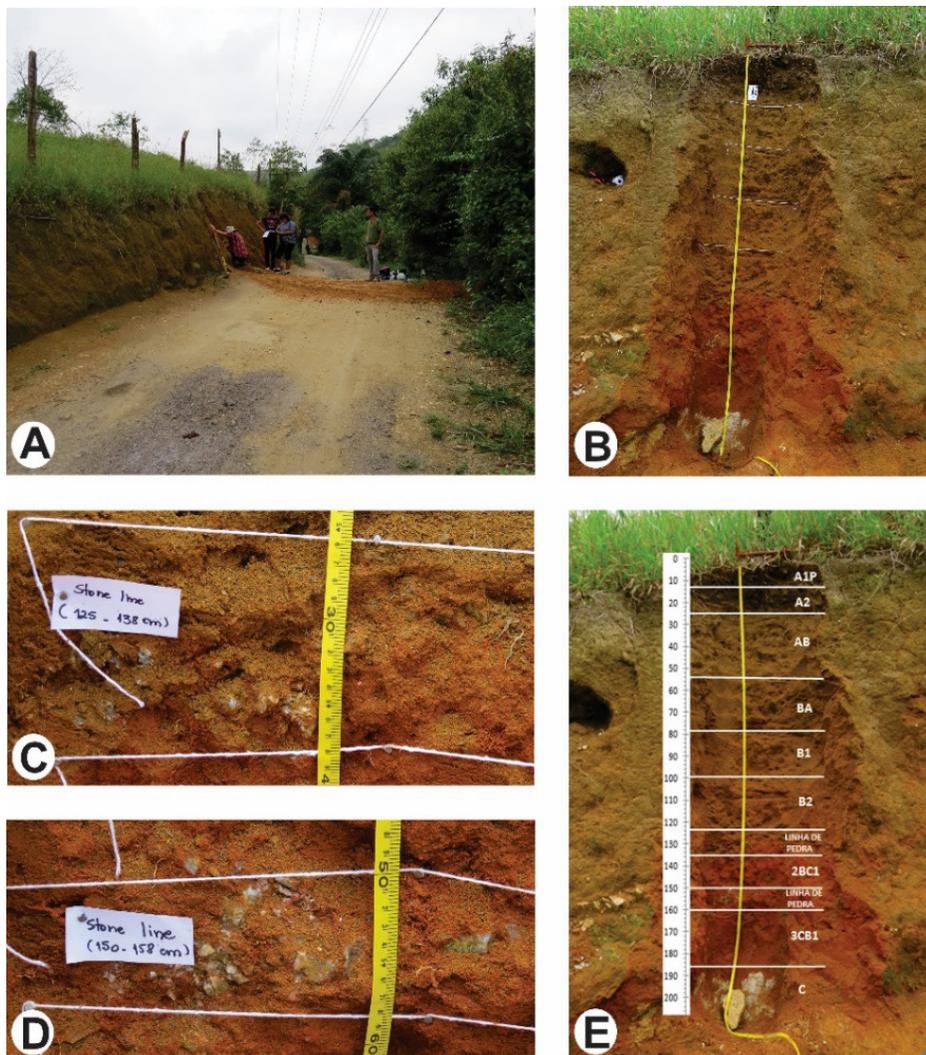


Figura 2 – Horizontes e linhas de pedra do perfil de solo estudado em Barra do Pirai/RJ: (A) área de coleta; (B) perfil de solo; (C) linha de pedra 125-138 cm; (D) linha de pedra 150-158 cm; (E) horizontes e linhas de pedra demarcados.

A preparação para a extração dos fitólitos seguiu o protocolo de Coe et al. (2021) e consistiu em secar e peneirar (2mm) 10g de cada amostra de solo para, em seguida, eliminar carbonatos (com HCl), óxidos de ferro (com citrato e diotinito de sódio), matéria orgânica (com ácido nítrico e H_2O_2) e a fração argila (por decantação). A separação densimétrica foi feita por meio de uma solução contendo 680g de politungstato de sódio para 300ml de água destilada. Foram confeccionadas lâminas em glicerina (temporárias) e Entellan® (permanentes) com uma alíquota de 25 μ l do material. A identificação e a contagem foram realizadas no microscópio óptico polarizador Zeiss Axio Scope.A®, com aumento de 500 a

630x. Esta análise foi feita em um número mínimo de 200 fitólitos classificáveis por amostra a fim de: estimar a frequência relativa e grau de alteração dos morfotipos, segundo o Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos (ICPN); e calcular o estoque total de fitólitos em cada amostra. Foram calculados dois índices fitolíticos: a densidade da cobertura arbórea (D/P) e o índice de estresse hídrico (Bi) (COE et al., 2014).

A determinação da concentração de $\delta^{13}\text{C}$ foi realizada na *University of California* (UC-DAVIS), *Stable Isotope Facility* (SIF). Os resultados foram expressos em unidade de $\delta\%$, determinada em relação ao padrão internacional PDB (*Pee Dee Belemnite*), e se referem à média de duas determinações, com precisão de 0,2‰. Para as datações por ^{14}C -AMS, foram selecionadas e preparadas três amostras de solo, conforme os protocolos usuais do Laboratório do Radiocarbono da UFF (LAC-UFF) (MACARIO et al., 2017). As amostras prensadas em catodos de alumínio foram enviadas para datação, no *Center of Applied Isotope Studies* (CAIS), nos Estados Unidos. As idades foram calibradas por meio do programa OxCal v. 4.2.4[®] (BRONK RAMSEY, 2009), utilizando-se a curva atmosférica para o Hemisfério Sul SHCal13 (HOGG et al., 2013).

3 | RESULTADOS

3.1 Caracterização pedológica

Os resultados da granulometria (Tabela 1 e Figura 3) indicam um perfil de solo argilo-arenoso, com o predomínio da fração argila, correspondendo a 50-60%, com ligeira diminuição (38%) na superfície. A areia grossa aparece, em seguida, com 15-22%. A fração silte é pouco representativa, ao longo do perfil do solo, e corresponde a apenas entre 1 e 2,5% do material analisado. O cascalho representa a fração predominante nas profundidades de 1,5 e 1,25 metro (linhas de pedra), com 39 e 59%, respectivamente. Os grãos de cascalho das linhas de pedra são compostos de quartzo em ambas as profundidades, variando entre anguloso e subanguloso. Este padrão aponta para um baixo retrabalhamento desses materiais. A maioria dos grãos apresenta uma coloração avermelhada, indicando a presença de óxido de ferro (Figura 4).

O carbono orgânico total segue o padrão normal de redução com a profundidade, diminuindo de 2,69%, na superfície, a 0,2%, em direção à base do perfil. O pH das amostras analisadas ficou entre 4,2 e 5, o que caracteriza o perfil de solo estudado como de acidez média, favorável à preservação dos fitólitos. Segundo Piperno (2006), os fitólitos se preservam bem em solos com pH entre 2 e 9, e ambientes com solos ácidos tendem a ter mais sílica livre, disponível para as plantas. Já solos de pH muito alcalino podem causar a dissolução dos fitólitos, ocasionando a perda de suas ornamentações mais delicadas (CABANES et al., 2011) (Tabela 1 e Figura 3).

Horizonte/ Amostra	Profundida de (cm)	Cascalho (%)	Areia (%)					Finos (%)		Classificação (Wentworth, 1922)	Teor de MO (%)	pH (média)
			MG	G	M	F	MF	Silte	Argila			
Ap	0 - 14	5,21	3,05	22,22	18,38	10,29	2,46	0,86	37,52	Areia argilosa	2,69	4,2
A2	14 – 28	1,46	2,16	20,48	14,16	4,39	2,31	1,65	53,34	Argila arenosa	1,36	4,1
AB	28 – 40	1,87	1,84	21,04	13,55	4,31	2,13	1,90	53,35	Argila arenosa	0,9	4,3
AB	40 – 55	0,79	1,68	20,29	13,29	4,34	2,13	2,13	55,62	Argila arenosa	0,7	4,3
BA (amostra 1)	55 – 70	1,25	2,10	20,03	11,57	3,75	1,88	2,44	58,00	Argila arenosa	0,64	4,5
BA (amostra 2)	70 – 80	1,78	2,26	17,47	11,25	5,82	2,26	2,49	56,86	Argila arenosa	0,59	4,4
B1 (amostra 1)	80 – 90	1,81	1,94	17,22	11,70	4,11	2,91	2,56	57,76	Argila arenosa	0,57	4,3
B1 (amostra 2)	90 – 100	1,48	2,03	16,91	10,83	5,98	2,36	2,59	57,81	Argila arenosa	0,52	4,6
B2 (amostra 1)	100 - 110	2,15	2,55	21,32	12,73	4,11	2,17	2,22	52,74	Argila arenosa	0,49	4,8
B2 (amostra 2)	110 - 125	10,28	2,12	15,41	10,21	5,92	2,46	0,83	54,95	Areia cascalhosa	0,5	5
SL	125 - 138	59,10	1,13	5,98	4,99	2,06	1,07	0,85	24,81	Cascalho	0,48	4,7
2BC	138 - 150	1,91	2,33	15,16	10,44	6,44	2,73	1,13	59,87	Argila arenosa	0,27	4,8
SL	150 – 158	39,33	1,73	10,00	7,64	2,76	1,40	0,79	36,34	Cascalho	0,34	4,6
3CB (amostra 1)	158 – 173	2,14	2,52	17,04	12,54	7,19	3,38	1,00	54,20	Argila arenosa	0,2	4,6
3CB (amostra 2)	173 – 188	2,71	2,21	21,40	14,11	5,44	3,47	0,98	49,69	Argila arenosa	0,28	4,8

Tabela 1 – Resultados das análises granulométricas, teor de matéria orgânica e pH do perfil de solo.



Figura 4 – Grãos de quartzo na fração cascalho presentes nas linhas de pedra do perfil de solo estudado.

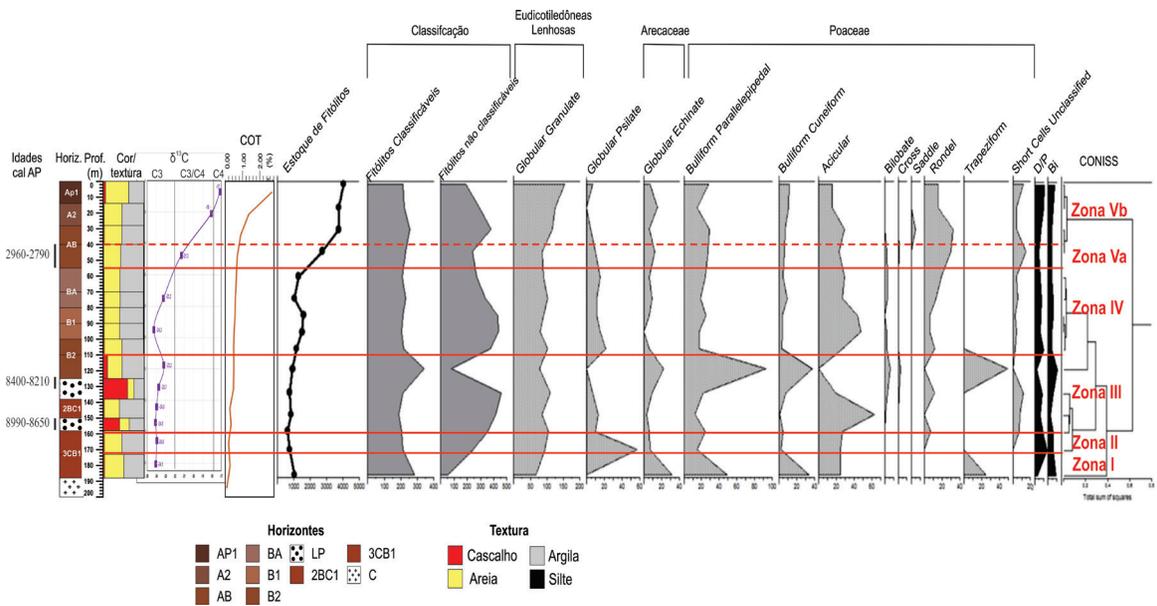


Figura 3 – Resultados integrados das análises pedológicas, fitolíticas, isotópicas e zonas delimitadas para o perfil de solo estudado.

3.2 Ocorrência, classificação e morfotipos de fitólitos

As maiores concentrações de fitólitos (Figura 3) são encontradas entre a superfície e o horizonte AB (entre 0 e 55 cm). A partir disto, decresce rapidamente até atingir valores cerca de quatro vezes menores no horizonte BA (55-80cm). Em seguida, há um pequeno aumento no estoque no horizonte B1 (80-100cm), para, posteriormente, continuar diminuindo com a profundidade até 3CB1 (158-188cm), aumentando novamente na base do perfil (188-210+ cm). Os menores estoques foram encontrados nas amostras coletadas nas duas linhas de pedra, provavelmente porque a granulometria mais grossa facilita a percolação dos fitólitos para as camadas inferiores. O estoque de fitólitos identificado segue o padrão normal de distribuição, com diminuição exponencial com a profundidade, característica de uma sequência fitolítica em equilíbrio com a vegetação atual (ALEXANDRE et al., 1997).

O padrão normal da intensidade da alteração dos fitólitos (porcentagem de fitólitos não classificáveis) aumenta com a profundidade, indicando um acréscimo do tempo de residência das partículas no solo e, portanto, um aumento da idade média dos fitólitos com a profundidade (ALEXANDRE et al., 1997; 1999). No perfil de solo estudado, os fitólitos não se encontram muito bem preservados, com apenas 53% de classificáveis, na amostra mais superficial (53%), variando entre 49 e 31%, nas demais profundidades. Este baixo grau de preservação aponta para a intensidade dos processos erosivos (AUGUSTIN et al., 2014; BARROS et al., 2015; CHUENG, 2016). Uma exceção foi observada na base do perfil, onde foi verificado o maior grau de conservação (84% de classificáveis) (Figura 3 e Tabela 2).

O tipo de fitólito (Figuras 3 e 5 e Tabela 2) mais encontrado foi o *globular granulate*, característico das eudicotiledôneas lenhosas (SCURFIELD et al., 1978; WELLE, 1976; KONDO et al., 1994); em seguida, aparecem os tipos produzidos pelas gramíneas (TWISS, 1969; 1992; MULHOLAND, 1989; KONDO et al., 1994; FREDLUND, TIESZEN, 1994), como o *acicular*, *rondel*, *elongate*, *bulliform parallelepipedal* e *cuneiform*, além do *globular echinate*, produzido pelas palmeiras (KONDO et al., 1994; RUNGE, 1999; VRYDAGHS, DOUTRELEPONT, 2000; COE et al., 2012). Na maioria das amostras, o índice D/P, que expressa a densidade de cobertura arbórea, variou entre 0,8 e 2,26 (Figura 3 e Tabela 2), indicando uma cobertura relativamente densa, conforme Bremond et al. (2005), Parolin (2013) e Coe et al. (2017; 2018). Exceções foram observadas, no horizonte B2 e na base, com valores de 0,41 e 0,53, respectivamente, indicando uma vegetação mais aberta, com mistura de árvores e herbáceas, sugerindo um ambiente menos úmido. O índice Bi, indicador de estresse hídrico (Figura 3 e Tabela 2), apresentou, na maioria das amostras, valores baixos a moderados (de 16% em 2BC amostra 1 a 49% no horizonte Ap). Apenas na base do perfil de solo (horizontes 3CB amostra 1 e B2), foram observados valores mais elevados (65 e 70%, respectivamente), indicando um ambiente de maior estresse hídrico, corroborando com os valores correspondentes ao índice D/P, já que essas profundidades foram as que apresentaram a cobertura vegetal mais rarefeita, como observado anteriormente por Coe et al. (2015).

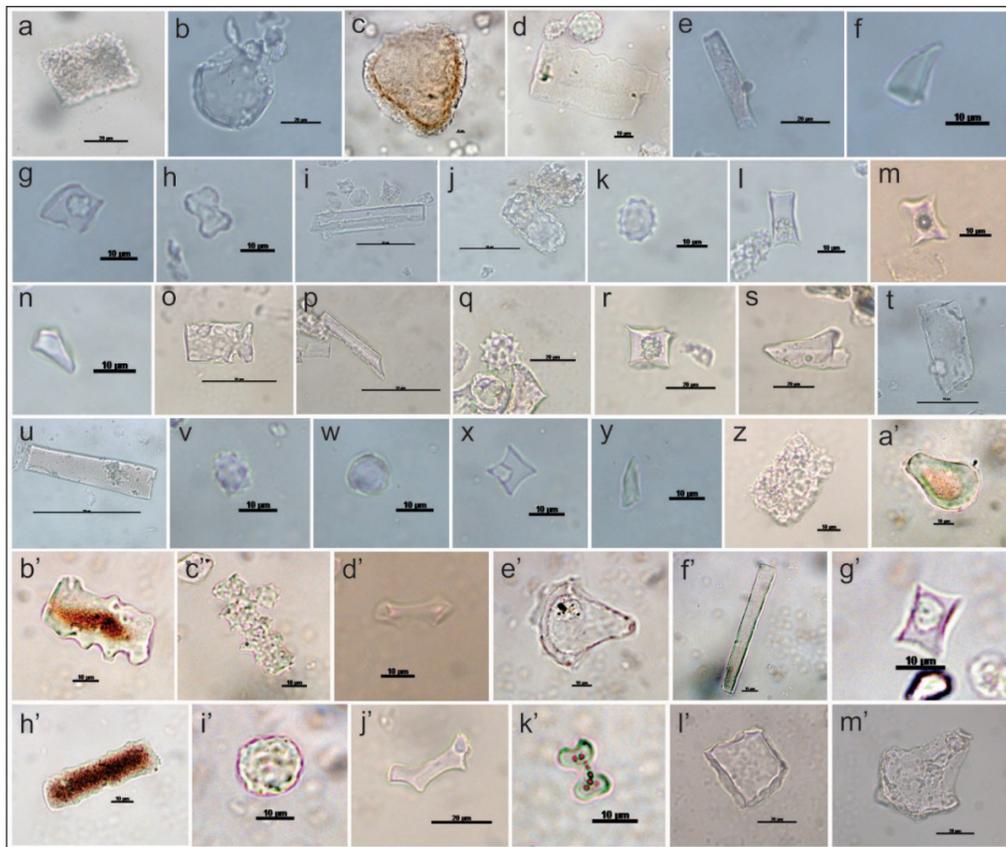


Figura 5 —Fotografias dos fitólitos observados: (a), (d) (j), (o), (t), (z), (l') *Bulliform parallelepipedal*; (b), (c), (a'), (e'), (m') *Bulliform cuneiform*; (e), (i), (p), (u), (f'), (h') *Elongate psilate*; (b'), (c'), *Elongate echinate both sides*; (f), (n), (s), (y) *Acicular*; (g), (m), (x), (g') *Rondel*; (l), (r) *Trapeziform*; (h) *Cross*; (k), (q), e (v) *globular echinate*; (w) *globular psilate*; (d') e (j') *Bilobate flat concave*; (i') *Globular granulate*; (k') *Bilobate*.

Horizontes/ Amostras	Profundidade (cm)	Estoque de fitólitos (unidades)	Tipos de fitólitos (% dos classificáveis)												Classificação dos fitólitos (%)		Índices Fitolíticos		¹³ C (‰)
			Bulliform paralelepipedal	Bulliform cuneiform	Globular granulate	Globular psilate	Globular echinate	Elongate	Acicular	Bilobate	Cross	Rondelet	Trapeziform	Outros Short cells	Classificáveis	Não classificáveis	D/P	Bi%	
Ap	14 - 0	4041	13,2	5,7	72,2	3,3	3,3	5,7	7,1	0,0	0,0	7,1	0,0	5,7	52,7	47,3	1,87	48,8	-17,11
A2	28 - 14	3752	6,8	5,0	56,8	0,0	6,8	3,6	11,8	1,4	0,0	5,9	0,0	1,8	43,3	57,5	1,74	36,1	-18,08
AB amostra 1	40 - 28	3747	11,4	2,8	46,1	1,6	2,4	8,3	11,4	0,9	0,4	12,6	0,0	3,6	40,6	60,5	1,10	34,0	#
AB amostra 2	55 - 40	2739	11,7	2,6	37,2	4,3	5,2	8,2	10,0	1,3	0,0	13,0	0,0	6,5	49,0	51,0	0,83	31,7	-21,31
BA amostra 1	70 - 55	1269	11,5	2,4	43,3	7,2	2,9	6,3	13,9	1,4	0,0	9,1	0,0	1,9	43,2	56,8	1,07	34,5	#
BA amostra 2	80 - 70	1038	8,3	3,9	44,5	4,8	3,9	13,1	11,8	1,3	0,0	5,7	0,0	2,6	40,2	59,8	1,32	36,4	-23,24
B1 amostra 1	90 - 80	1587	11,8	1,9	42,9	5,2	2,8	10,4	20,8	0,0	0,0	2,8	0,0	1,4	32,9	67,1	1,11	35,4	#
B1 amostra 2	100 - 90	1503	8,4	2,0	39,4	7,4	0,0	13,3	23,6	1,0	0,0	3,0	0,0	2,0	31,9	68,1	0,99	25,9	-24,27
B2 amostra 1	110 - 100	1158	7,9	1,4	47,2	9,7	2,8	11,1	12,5	0,9	0,0	5,1	0,0	1,4	36,5	63,5	1,62	31,7	#
B2 amostra 2	125 - 110	919	27,4	11,2	22,7	0,0	6,5	15,0	0,0	1,8	0,9	0,0	14,5	1,4	43,5	56,5	0,41	70,4	-23,20
SL 2	138 - 125	726	10,4	3,8	51,9	3,3	4,2	4,7	9,0	1,4	0,5	5,2	0,0	5,7	31,7	68,3	1,45	39,5	-23,75
2BC	150 - 138	822	6,9	0,5	45,7	6,9	1,6	0,0	33,5	0,5	0,0	0,0	0,0	4,3	31,1	68,9	1,00	16,3	-23,98
SL 1	158 - 150	603	11,8	2,5	51,2	4,9	3,0	6,4	13,3	0,0	0,0	3,4	0,0	3,4	36,3	63,7	1,49	41,4	-24,11
3CB amostra 1	173 - 158	736	7,1	0,9	44,8	26,9	3,3	5,2	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,3	53,7	2,26	40,5	-23,96
3CB amostra 2	188 - 173	1027	17,2	11,9	23,9	0,0	10,9	9,1	0,0	7,4	11,2	0,0	8,4	0,0	84,3	15,7	0,53	64,8	-24,07

Tabela 2 – Resultados das análises fitolíticas e isotópicas do perfil de solo estudado.

3.3 Análises isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) e idades do carbono 14

O perfil de solo apresentou tendências ao enriquecimento em ^{13}C e ambientes menos úmidos em relação ao atual, da base para o topo. Da base até o horizonte BA, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ (de -24,1 a -23,2‰) apontam para a predominância de plantas C3. O horizonte AB apresenta valores característicos de mistura de plantas C3 e C4 (-21,3‰), sugerindo que este horizonte seja de transição para os dois subjacentes, A2, que apresenta valores ainda de mistura (-18,1‰), e o horizonte Ap, com valores característicos de plantas C4 (-17,1‰) (Tabela 2).

Os resultados das datações por ^{14}C -AMS (Figura 3) devem ser interpretados com cautela, visto que a análise se baseou na concentração de ^{14}C na matéria orgânica total do solo. Esta fração pode conter carbono de idades diferentes, representando uma média das concentrações de ^{14}C de cada componente e, portanto, um valor mínimo de idade para a deposição do material. As análises da fração MOS das amostras selecionadas indicam idades entre: 9010-8760 anos cal AP, para a profundidade de 150-158 cm, correspondente à linha de pedra 1 (LP); 8410-8340 anos cal AP, entre 125-132 cm de profundidade, relacionado à linha de pedra 2; e 3000-2860 anos cal AP, no intervalo entre 40-55 cm, no horizonte AB.

4 | DISCUSSÕES

A integração dos resultados obtidos a partir das análises fitolíticas, granulométricas e isotópicas permitiu identificar cinco zonas com características distintas ao longo do perfil de solo estudado (Figura 3):

- 1) Zona I (188 a 173 cm; anterior a cerca de 9000 anos cal AP)

A Zona 1 (Figura 3) apresentou um número elevado de fitólitos, provavelmente em função do predomínio dos morfotipos de Poaceae (56%), considerada uma das famílias que mais produzem fitólitos (PIPERNO, 2006). Os fitólitos estão bem conservados, apresentando as maiores porcentagens de classificáveis do perfil (84%), além de apresentar a maior porcentagem de fitólitos de *short-cells* (27%), considerados os tipos mais frágeis (PIPERNO, 2006; COE et al., 2014). O índice D/P é baixo (0,53), característico de formações vegetais abertas. O valor obtido pela análise de $\delta^{13}\text{C}$ (-24‰) indica o predomínio de plantas C3 (BOUTTON, 1996), provavelmente gramíneas, como indicado pelas análises fitolíticas. O índice Bi é elevado (65%) em relação aos valores obtidos para este perfil, indicando estresse hídrico, corroborado pelo D/P baixo, característico de uma vegetação mais esparsa. Outros autores corroboram esses resultados, como os valores de D/P menores que 1, que foram descritos para áreas de campos e cerrado, no Brasil (e.g. COE et al., 2013; 2014b; 2015; AUGUSTIN et al., 2014; CALEGARI et al., 2015; BARROS et al., 2016). Valores semelhantes de Bi também foram encontrados por esses autores, inclusive, em trabalhos associando análises fitolíticas e isotópicas. Os índices D/P, Bi e a maior porcentagem de fitólitos do tipo *trapeziform* sugerem um ambiente mais seco e frio que o atual. Barros et al. (2000), também no Médio Vale do Paraíba (SP), constataram que, de 31.000 até cerca de 13.000 anos AP, a vegetação era característica de um clima mais frio que o atual, e que, entre 13.000 e 10.000 anos AP, houve uma alternância de estiagem e de alta pluviosidade, com predomínio de savana/campo. Essa zona apresenta características de horizontes superficiais (maior quantidade de fitólitos e menor grau de alteração), sendo, provavelmente, um paleohorizonte A, resultado de uma pedogênese diferente da que gerou os demais horizontes do perfil. Além disso, sua localização, imediatamente acima da rocha alterada, pode ter facilitado a acumulação de fitólitos, por percolação a partir dos horizontes acima.

2) Zona II (173 a 158 cm; anterior a cerca de 9000 anos cal AP)

Apesar de uma redução do estoque de fitólitos em relação à Zona I, a Zona II (Figura 3) continua a apresentar um número elevado, ainda superior ao encontrado em menores profundidades. O índice D/P é o mais elevado do perfil (2,26), refletindo uma vegetação em mosaico, constituída por elementos arbóreos e herbáceos, sugerindo um ambiente mais úmido que o anterior, no início do Holoceno. O índice Bi é baixo (29%), indicando pouco estresse hídrico e condições ambientais de maior umidade. O aumento da umidade pode ter provocado o aporte de materiais de locais mais elevados de encostas adjacentes por processos de erosão laminar e escoamento superficial. Estes colúvios podem ter enterrado o material identificado na Zona I, favorecendo a preservação dos fitólitos.

3) Zona III (158 a 110 cm; de ~ 9000 anos cal AP a ~8200 anos cal AP)

A Zona III (Figura 3) inclui a linha de pedra 1, o horizonte 2BC amostra 1, a linha de pedra 2 e o horizonte B2, com características texturais distintas do resto do perfil, com maior quantidade de areia muito grossa e cascalho. Os menores estoques de fitólitos

foram encontrados nas amostras coletadas nas linhas de pedra 1 e 2, provavelmente devido à granulometria mais grossa, o que facilita a percolação destes em direção à base (ALEXANDRE et al., 1997; COE et al., 2015). Além disso, por ser um período mais seco, a cobertura vegetal tende a ser mais rarefeita, dificultando a preservação dos fitólitos. O índice D/P apresenta uma diminuição em relação à Zona II, indicando uma redução da umidade, que atinge o máximo no horizonte B2 (mínimo D/P e maior Bi do perfil). A granulometria, com predomínio de cascalho e formação de duas linhas de pedra, aponta para um clima com chuvas concentradas e condições mais favoráveis à ocorrência de processos erosivos, com competência para transportar materiais mais grossos. A hipótese mais provável para a gênese das linhas de pedra, de acordo com as condições paleoambientais inferidas, é a autóctone por coluvionamento (MOUSINHO, BIGARELLA, 1965; PENTEADO, 1969; BIGARELLA et al., 1994; RIQUIER, 1969). Esse período mais seco e de dinâmica erosiva mais intensa pode ser observado até o horizonte B2, com elevada quantidade de cascalho (10%) e D/P mais baixo. De Ploey (1964) e Ab'Sáber (1962) relacionam a formação das linhas de pedra a períodos mais secos e de chuvas concentradas, corroborado pelos resultados das análises fitolíticas.

4) Zona IV (110 a 55 cm; anterior a cerca de 2.900 anos cal AP)

A Zona IV (Figura 3) inclui os horizontes B2, B1 e BA. Os estoques de fitólitos seguem a tendência normal de aumento em direção à superfície, com uma redução no horizonte BA, possivelmente em resposta a um aumento na fração cascalho, neste horizonte. O índice D/P indicou uma vegetação com mistura de arbóreas e herbáceas, com adensamento máximo (1,62) em B2 e mínimo (0,99) em B1.

5) Zona V (55 cm até a superfície; anterior a cerca de 2900 anos cal AP até o presente)

A Zona V (Figura 3) é subdividida em dois níveis distintos: Va – parte do horizonte AB; Vb – horizontes AB, A2 e AP1. Em toda a Zona V, os estoques de fitólitos aumentam em direção ao topo, seguindo o padrão normal de distribuição com a profundidade. Na Zona Va, o índice D/P diminui em relação à zona anterior, indicando uma vegetação mais aberta, com predomínio de herbáceas. Este resultado é corroborado pelo valor de $\delta^{13}\text{C}$ (-21‰). Essa subzona sugere um episódio mais seco, ocorrido há cerca de 2900 anos cal AP. Na Zona Vb, o índice D/P aumenta progressivamente em direção à superfície, indicando uma maior umidade, após 2.900 anos cal AP. Resultados semelhantes também foram encontrados na lagoa Salgada (RJ), onde Toledo (1998) detectou uma fase úmida em torno de 3.000 anos AP, contrastando com a fase seca ocorrida por volta de 2.540 anos AP, e seguida de um máximo de umidade, após este período.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este foi um trabalho pioneiro na utilização integrada de dados pedológicos, de bioindicadores (fitólitos e isótopos estáveis de carbono) e de datações por ^{14}C -AMS para a inferência de condições paleoambientais associadas à ocorrência de linhas de pedra. As análises fitolíticas e isotópicas do perfil de solo não identificaram mudanças no tipo de formação vegetal, durante o período observado, apresentando somente variações em sua composição (maior ou menor quantidade de lenhosas ou de herbáceas). Estas variações decorrem de períodos relativamente mais secos (anterior a cerca de 9000, entre 9000 e 8200 anos cal AP) ou mais úmidos (a partir de cerca de 2900 anos cal AP). A hipótese de gênese das linhas de pedra é a de coluvionamento de pequena distância atrelado a um período de chuvas concentradas.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte sub-superficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. **Boletim da Universidade do Paraná, Geografia Física**, v. 2, p. 1-32, Curitiba, 1962.
- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; COLIN, F.; KOUD, J. M. Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 3, p. 677-682, 1997.
- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; MARIOTTI, A.; SOUBIES, F. Late Holocene phytolith and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil. **Quaternary Research**, v. 51, p. 187-194, 1999.
- 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.
- BARROS, M. A.; BARTH, O. M.; MELLO, O. A.; MOURA, J. R. S.; PEIXOTO, M. N. O. História recente da vegetação e o uso da terra no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Brasil: uma abordagem palinológica. **Leandra**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 47-57, 2000.
- BARROS, L. F. P.; COE, H. H. G.; SEIXAS, A. P.; MAGALHÃES, A. P.; MACARIO, K. C. D. Paleobiogeoclimatic scenarios of the Late Quaternary inferred from fluvial deposits of the Quadrilátero Ferrífero (Southeastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 67, p. 71-88, 2016.
- BERRY, L.; RUXTON, B. P. Notes of weathering zones and soils of granite rocks in two tropical regions. **Journal Soil Sciences**, v. 10, p. 54-63, 1959.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 1, Florianópolis: Ed. UFSC, 425p, 1994.
- BOURGEAT, F.; PETIT, M. Les "stone-lines" et les terrasses alluviales des hautes terres malgaches. **Cahiers ORSTOM, Série Pédologie**, vol. IV, n. 2, p.3-19, 1966.

- BOUTTON, T.W. Stable carbon isotopes ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. I. (eds.). **Mass spectrometry of soils**. Marcel Dekkerp, New York, p. 47-82, 1996.
- BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; PEYRON, O.; GUIOT, J. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. **Journal of Biogeography**, v. 32, p. 311-327, 2005.
- BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; WOOLLER, M. J.; HÉLY, C.; SCHÄFER, P. A.; MAJULE, A.; GUIOT, J. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains. **Global and Planetary Change** 61, p. 209-224, 2008.
- BRONK RAMSEY, C. Bayesian analysis of radiocarbon dates. **Radiocarbon** 51.1: 337-360, 2009.
- BRAUCHER, R.; LIMA, C. V.; BOURLÈS, D. L.; GASPAR, J. C.; ASSAD, M. L. L. Stone-line formation processes documented by in situ-produced ^{10}Be distribution, Jardim River Basin, DF, Brasil. **Earth and Planetary Science Letters** 222, 645- 651, 2004.
- BROWN, D. J.; MCSWEENEY, K.; HELMKE, P. A. Statistical, geochemical and morphological analyses of stone line formation in Uganda. **Geomorphology**, 62: 217-237. 2004.
- CABANES, D.; WEINERA, S.; SHAHACK-GROSS, R. Stability of phytoliths in the archaeological record: a dissolution study of modern and fossil phytoliths. **Journal of Archaeological Science**, 2011.
- CHERKINSKY, A.; CULP, R. A.; DVORACEK, D. K.; NOAKES, J. E. Status of the AMS facility at the University of Georgia. In: **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**. Apr 1; 268(7-8): 867-70, 2010.
- CHUENG, K. F. **Reconstituição paleoclimática da geodinâmica quaternária na Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, através dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono**. Dissertação (Mestrado em Dinâmica da Terra e dos Oceanos). Universidade Federal Fluminense, 2016.
- COE, H. H. G.; CHUENG, K.; GOMES, J. G. Mudanças possivelmente antrópicas na cobertura vegetal na região de Búzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análises de fitólitos. **Revista Tamoios** (online), ano VII, p. 60-76, 2012.
- COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M.; HONAINÉ, M. F. Phytoliths and their Applications. In: COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. (eds.). **Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina)**. 1 ed. New York: Nova Science, 2014a.
- COE, H. H. G.; MACARIO, K.; GOMES, J.; CHUENG, K.; OLIVEIRA, F.; GOMES, P.; CARVALHO, C.; SANTOS, G. Understanding Holocene variations in the vegetation of São João River basin, southeastern coast of Brazil, using phytolith and carbon isotopic analyses. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 415, 59-68, 2014b.
- COE, H. H. G., MACHADO, D. O. B. F., CHUENG, K. F., RICARDO, S. D. F. Fitólitos de Sedimentos e Plantas – Métodos De Extração E Suas Aplicações. In: Sales, F.O. (Eds) **Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3**, Atena, Ponta Grossa, Paraná, Brazil, 134 - 149, 2021.

- COE, H. H. G.; RAMOS, Y. B. M.; SANTOS, C. P.; SILVA, A. L. C.; SILVESTRE, C. P.; BORRELLI, N. L.; SOUSA, L. O. F. Dynamics of production and accumulation of phytolith assemblages in the Restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. **Quaternary International**, v. 388-89, p. 1-12, 2015.
- COE, H. H. G.; RICARDO, S. D. F.; SOUSA, L. O. F.; DIAS, R. R. Caracterização de fitólitos de plantas e assembleias modernas de solo da caatinga como referência para reconstituições paleoambientais. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 8, p. 9-21, 2017.
- COE, H. H. G.; RAMOS, Y. B. M.; SILVA, A. L. C.; GOMES, E.; SOUSA, L. O. F.; MACARIO, K. D.; DIAS, R. R. Paleovegetação da Ilha Grande (Rio de Janeiro) no Holoceno através do estudo de fitólitos e isótopos do carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, p. 456-476, 2018.
- COLLINET, J. Contribution a l'étude des "stone-lines" dans la région du Moyen-ogououé (Gabon). **Cahiers ORSTOM, Série Pédologie**, vol. VII, n. 1, p. 3-42, 1969.
- DE PLOEY, J. Nappes de gravats et couvertures argilo-sableuses au Bas-Congo: leur genèse et l'action de térmites. In: **Études sur les termites africains**, Ed. de l'Université, Léopoldville, 400-414, 1964.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed., Rio de Janeiro, p. 212, 1997.
- 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.
- FREDLUND, G. G.; TIESZEN, L. L. Calibrating grass phytolith assemblages in climatic terms: application to late Pleistocene assemblages from Kansas and Nebraska. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 136, n. 1-4, p. 199-211, 1997.
- GLEIXNER, G. Molecular dynamics of organic matter in a cultivated soil. **Org. Geochem.** 3, 357-366, 2002.
- GOMES, J. G. **Reconstituições paleoambientais do uso do solo e da cobertura vegetal nas bacias dos rios Macacu e Caceribu, RJ, através de biomineralizações de sílica**. Dissertação (Geologia e Geofísica Marinha). Universidade Federal Fluminense, 2013.
- GORDON, E. S.; GOÑI, M.A. Sources and distribution of terrigenous organic matter delivered by the Atchafalaya River to sediments in the northern Gulf of Mexico. **Geochim. Cosmochim. Acta** 67, 2003.
- KILLOPS, S.; KILLOPS, V. **Introduction to Organic Geochemistry**. Blackwell, Malden, MA, 2005.
- KONDO, R.; CHILDS, C.; ATKINSON, I. **Opal Phytoliths of New Zealand**: Manaaki Whenua Press, 85 p., 1994.
- HOGG, A. G.; HUA, Q.; BLACKWELL, P. G.; NIU, M.; BUCK, C. E.; GUILDERTSON, T.P.; HEATON, T. J.; PALMER, J. G.; REIMER, P. J.; REIMER, R. W.; TURNEY, C. S. SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0–50,000 years cal BP. **Radiocarbon**, 55(4): 1889-903, 2013.
- LAPORTE, G. **Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog**. I. R.S.C. MC. Brazzaville, 149 p., 1962.

LEHMANN, H. Klimamorphologische Beobachtungen in der Serra da Mantiqueira und in Paraiba Tal (Brasilien). *Abhandlungen des Geographischen Instituts der Frein Universitaet Berlin*, (Sep. do tomo 5 do "Geomorphologische Abhandlungen", p. 67-72). (Tradução em **Notícia Geomorfológica**, 5, abril de 1960, Campinas), 1957.

MACARIO, K. D.; ALVES, E. Q.; MOREIRA, V. N.; OLIVEIRA, F. M.; CHANCA, I. S.; JOU, R. M.; DIAZ, M. Fractionation in the graphitization reaction for ^{14}C -AMS analysis: the role of Zn the role of TiH_2 . **International Journal of Mass Spectrometry**. Dec 1; 423: 39-45, 2017.

MOUSINHO, M. R.; BIGARELLA, J. J. Movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas. **Boletim Paranaense de Geografia**, Universidade do Paraná, Curitiba, 16/17: 43-84, 1965.

NYE, P. H. Some soil forming processes in the umid tropics. Part I: A field study of a catena in the West African forest. **Journal of Soil Science**, 5:7-27, 1954.

PENTEADO, M. M. Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos (stone lines). **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 9, n. 17, p. 15-41, 1969.

PAROLIN, M.; MONTEIRO, M. R.; COE, H. H. G.; COLAVITE, A. P. Considerações paleoambientais do Holoceno médio por meio de fitólitos na Serra do Cadeado, Paraná. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, SBGFA: 96-103, 2017

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; FREITAS, H. A.; YBERT, R. S. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: SOUZA, C. R. G. et al. (ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p. 75-93, 2005.

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

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 25-58, 2003.

RAYNAL, R. Les formations des versants et l'évolution climatique dans la Serra da Mantiqueira. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Band I: 279-289, 1957.

RIOU, G. Notes sur les sols complexes des savanes préforestières en Côte-d'Ivoire. **Ann. Univ. Abidjan Lettres Sci. hum.**, 1, pp. 17-35, 1965.

RIQUIER, J. Contribution à l'étude des "stone-lines" en régions tropicale et équatoriale. **Cahiers ORSTOM, Série Pédologie**, vol. VII, n. 1, p. 71-109, 1969.

RUNGE, F. The opal phytolith inventory of soils in central Africa – quantities, shapes, classification and spectra. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 107, n. 1-2, p. 23-53, 1999.

SANTOS, L. J. C.; SALGADO, A. A. R.; RAKSSA, M. L.; MARRENT, B. R. Gênese das linhas de pedra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, 2, 103-108, 2010.

SCURFIELD, G.; ANDERSON, C. A.; SEGNET, E. R. Silica in wood stems. **Aust. J. Bot.**, v. 22, p. 211-229, 1978.

SEGALEN, P. Le remaniement des sols et la mise en place de la stone-line en Afrique. **Cahiers ORSTOM, Série Pédologie**, vol. VII, n. 1, p. 113-131, 1969.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 407p., 2010.

TOLEDO, M. B. Evolução ambiental da Lagoa Salgada, sudeste do Brasil, com base em estudos palinológicos. **Revista Universidade Guarulhos, Geociências V**, p. 156-159, 1998.

TRICART, J. Division morphoclimatique du Brésil atlantique centrale. **Révue de Geom. Dynam.**, IX, n. 1 e 2, jan.-fev. 1958.

TWISS, C. Dust deposition and opal phytoliths in the Great Plains. **Transactions of the Nebraska Academy of Sciences**, v. XI, n. special issue, p. 73-82, 1969.

TWISS, C. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: G. RAPP, J.; MULHOLAND, S. C. (eds.). **Phytolith Systematics**. New York: Plenum Press, 1992.

VOGT, J.; VINCENT, P. L. A. Le complexe de la stone-line. Mise au point. Terrains d'alteration et de recouvrement en zone intertropical. **Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières**, n. 4, p. 3-49, 1966.

VRYDAGHS, L.; DOUTRELEPONT, H. Analyses phytolithariennes: acquis et perspectives. In: (EDITORS), S. S.-V. M. S. (Ed.). **Dynamiques à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux**. Paris: UNESCO, 2000.

WELLE, B. J. H. On the occurrence of silica grains in the secondary xylem of the Chrysobalanaceae. **Iawa Bull.**, v. 2, p. 19-29, 1976.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.

YOUNG, A. **Slopes**. London, 288p, 1972.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 49

Água subterrânea 16, 17, 23, 27, 28

Algorithm Stability 1, 14

Alimentos Funcionais 110

Alumínio 7, 90, 103, 104, 105, 107, 108, 109

Aposentadoria 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187

B

Biomonitoramento 120, 122, 124, 125, 130, 131, 132, 133, 134

C

Câmbio 167, 170

CBERS-2B 68, 73, 74

Cenário econômico 167

Classe residual 203, 218

CoDesign 33

Compósitos 8, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Compósitos Ternários 148, 150

Congruência Modular 9, 203, 204, 210, 213, 218

Consumidor 34, 35, 37, 39, 167, 173, 174, 176

D

Dados Reais 68, 73, 74, 76

Design de interação 56

Design e tecnologia 49, 56

Design Regenerativo 6, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46

Direito ambiental 6, 33

Divisão Euclidiana 9, 203, 204, 205, 206, 210, 211, 214, 218

E

Economia circular 6, 33, 34, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Elastômero Termoplástico 8, 148, 150, 152, 158, 159

Equação Cinemática 68

Extended Kalman Filter 1, 3, 14

F

Fitólitos 84, 87, 89, 90, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101

Fluorescência de raios X 103

Folhas de Alumínio 7, 103, 104, 105

Fotocopiadoras 8, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Função de Transferência 160

G

Geometria Analítica 9, 192, 193, 194

H

Hibiscus sabdariffa L. 110, 111, 118, 119

Hortaliça não convencional 110, 111, 112

I

Inflação 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

L

Linhas de pedra 7, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 97, 98, 101

M

Matemática 28, 192, 193, 194, 195, 197, 201, 202, 210, 212, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Médio Vale do Rio Paraíba do Sul 7, 84, 88, 98

N

Nível estático 16

Nutrição Humana 110

Nutrição Vegetal 110, 112

O

Orbit Determination 6, 1, 2, 3, 7, 8, 9, 14, 15

Organizações de alta complexidade 56, 58, 59, 61

P

Pesquisa e metodologia do design 49

Planos de Previdência Privada 180, 189

Poliéster 135, 136, 137, 139, 144

Polipropileno 8, 135, 137, 142, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159

políticas públicas 33, 34, 42, 123

Prevenção de acidentes 56

Previdência Complementar Aberta 180, 190

Previdência Complementar Fechada 180

Propriedades 8, 18, 104, 112, 135, 137, 138, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 158, 159, 161, 194, 203, 207, 213, 215

R

Realidade virtual 7, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65

Reconstituição Paleoambiental 84

Resíduos sólidos 16, 18, 27, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 135

Resíduos têxteis 8, 135, 136, 137, 139, 145, 146

S

Saúde 34, 40, 43, 49, 50, 54, 61, 105, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 132, 134, 183

Sensação Térmica 6, 30, 31, 32

Sigma-Point Kalman Filter 1

Sistema Aquífero Serra Geral 16, 18, 28

Sistema de Posicionamento Global 192, 193, 195

Suavizador de Estado 68

T

Talco 8, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Taxa Selic 167, 173, 177

Tecnologia Assistiva 6, 49, 50, 51, 54, 55

Termômetro 6, 30, 31, 32

Teste de micronúcleos 120

Tradescantia Pallida 8, 120, 121, 122, 125, 128, 130, 131, 133, 134

Transferência de calor 160, 161, 165

Transformada de Laplace 160

Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 