

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



Luis Ricardo Fernandes da Costa
(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 Cremona

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. Elói 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
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
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
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
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

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Gabriel Motomu Teshima
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Luis Ricardo Fernandes da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: a história da terra / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-120-3

DOI 10.22533/at.ed.203210106

1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

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

É com muito prazer que apresentamos a obra “Geociências: a história da Terra”, que apresenta uma série de dezessete artigos com diferentes abordagens e metodologias que abrem a discussão da produção acadêmica nesse segmento.

A obra é composta por trabalhos voltados para as geociências e que abordam diferentes metodologias, desde análises climáticas, passando pela interpretação de Modelos Digitais de Elevação e diferentes aplicações para o meio ambiente.

Como destaque, cabe ressaltar a aplicabilidade em diferentes contextos e realidades no Brasil e no exterior, além das experiências voltadas a consolidação do ensino de geociências a nível nacional, como é abordado ao longo do livro.

Diante dos desafios e atual conjuntura da ciência brasileira, a presente obra é uma possibilidade e esforço de divulgação de trabalhos em diferentes escalas e com a qualidade a nível Brasil, mesmo com os percalços e desafios da pesquisa cotidiana.

Convidamos a todos os leitores a percorrer pelo sumário e conferir essa incrível coleção, com possibilidades de expansão e disseminação nos próximos trabalhos da área.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A APLICAÇÃO DA TÉCNICA MULTIVARIADA (PCA) NA CORRELAÇÃO DO PALEOAMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO IRATI (BACIA DO PARANÁ) POR MEIO DE DADOS DE BIOMARCADORES

Lorena Tuane Gomes de Almeida

Sidney Gonçalo de Lima

DOI 10.22533/at.ed.2032101061

CAPÍTULO 2..... 15

A CRIAÇÃO DE UMA SALA DE EXPOSIÇÃO DE METEOROLOGIA NO MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL DA UFAL

Natalia Fedorova

Vladimir Levit

Ana Paula Lopes da Silva

Jorge Luiz Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101062

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DOS MUNICÍPIOS DE BOM JESUS DO ITABAPOANA – RJ E BOM JESUS DO NORTE – ES, UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E SENSORIAMENTO REMOTO

Wallace Maciel Pacheco Neto

DOI 10.22533/at.ed.2032101063

CAPÍTULO 4..... 43

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO SEGUNDO OS DADOS DE PLUVIÔMETRO, GPCC E TRMM PARA RONDON DO PARÁ E SUA RELAÇÃO COM ANOMALIAS DE TSM

Priscila dos Santos Ribeiro

Juliana Cristina Silva do Nascimento

Fernando Bosco de Sousa Melo

Luciano André Barbosa da Silva

Paulo Rick Soares Rodrigues

Emily Amaro Pires

Davi Miranda Costa

Matheus Henrique Melo Farias

Laura Carolina Trindade Santos

Luan Bezerra Moreira dos Santos

Jordana do Socorro Silva do Nascimento

Talleson Gabriel Andrade dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.2032101064

CAPÍTULO 5..... 58

PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA DE OCORRÊNCIA DE COBRE EM FAIXA DE DOBRAMENTOS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Shaiely Fernandes dos Santos

César Augusto Moreira

Fernanda Teles Gomes Rosa
Karolliny Borssatto
Marly Aparecida da Silva
DOI 10.22533/at.ed.2032101065

CAPÍTULO 6..... 76

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DA RESSURGÊNCIA NO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE BRISAS NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Caio Pereira de Souza
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira
Luiz Paulo de Freitas Assad

DOI 10.22533/at.ed.2032101066

CAPÍTULO 7..... 93

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DITAIS DE ELEVAÇÃO E CARTA TOPOGRÁFICA NA GERAÇÃO DE MAPAS DE DECLIVIDADE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS – PR

Sidival Antonio Calderan
Ricardo Henrique Bueno
Giovana Moreira Goes
Rodrigo Gonçalves Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101067

CAPÍTULO 8..... 99

COMPARAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E DIFERENTES MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem
Maria Luiza de Castro Garcia
Wanessa Dias Alves
Samuel Salin Gonçalves de Souza
Emerson Ricardo Barros Pires
Nathalia de Souza Lima
Marcus Vinicius Zamorim da Costa
Júlio Anderson Araujo Pereira
Wendell Fonseca Pinheiro
Karen Patricia Macedo Cesário
Patrick Rafael Silva Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2032101068

CAPÍTULO 9..... 109

COMPARAÇÃO ENTRE OS INTERPOLADORES DO ARCGIS -PRO PARA DADOS GRAVIMÉTRICOS

Leticia Cristina Ribeiro
Danilo Fernandes de Medeiros
Giuliano Sant'Anna Marotta
Rejane Ennes Cicerelli

DOI 10.22533/at.ed.2032101069

CAPÍTULO 10.....	116
CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS, TERRAS RARAS E ESCÂNDIO EM PERFIL DE INTEMPERISMO DE ROCHA METAULTRAMÁFICA (BOM JESUS DA PENHA – MG)	
Ilio Rodarte Faria Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010610	
CAPÍTULO 11.....	135
DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES E DIREÇÕES DO VENTO EM UM PLANTIO DE CUPUAÇUZEIRO COM AÇAÍ	
Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes	
Joyse Tatiane Souza dos Santos	
Deborah Luciany Pires Costa	
Denilson Barreto da Luz	
Matheus Lima Rua	
Erika de Oliveira Teixeira	
Igor Cristian de Oliveira Vieira	
Adrielle Carvalho Monteiro	
João Vitor de Nóvoa Pinto	
Stefany Porcina Peniche Lisboa	
Maria de Lourdes Alcântara Velame	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.20321010611	
CAPÍTULO 12.....	145
ESTUDOS DE DAM BREAK	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010612	
CAPÍTULO 13.....	151
MEDIDAS GERAIS PARA PRECAUÇÃO DE DESASTRES EM BARRAGENS	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Mariane Chimite Nossa	
Douglas Meira Brito	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010613	
CAPÍTULO 14.....	157
MOVIMENTO DO PÓLO ANALISADO SOB A INFLUÊNCIA DO TERREMOTO DE SAMOA	
Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem	
Wendell Fonseca Pinheiro	
Maria Luiza de Castro Garcia	
Lucas Daniel Noronha Ferreira	
Mozart dos Santos Silva	

Marcos Gabriel Silva e Silva
Arthur Jeronimo Santana Aragão
Patrick Rafael Silva Corrêa
Júlio Anderson Araújo Pereira
DOI 10.22533/at.ed.20321010614

CAPÍTULO 15..... 167

RECLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE FLUVIAL NO ESPAÇO URBANO DE PONTA GROSSA-PR: UM NOVO OLHAR

Marcelo Mendes
Maria Ligia Cassol-Pinto

DOI 10.22533/at.ed.20321010615

CAPÍTULO 16..... 180

USO DE SÉRIE CLIMATOLÓGICA PARA CARACTERIZAÇÃO DA SAZONALIDADE E VARIABILIDADE CLIMÁTICA EM BELÉM-PA

Gabriel Brito Costa
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória dos Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
João Thiago Rodrigues de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.20321010616

CAPÍTULO 17..... 198

VERIFICAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL ATUAL EM APP DE RIOS PERENES E INTERMITENTES NO CONTEXTO URBANO DA CIDADE DE CURITIBA

Carla Jaqueline Casaroti
Flávia Silveira
Gabriele Silveira Camara
Luís Antônio Soares e Sousa
Jorge Antonio Silva Centeno

DOI 10.22533/at.ed.20321010617

SOBRE O ORGANIZADOR..... 212

ÍNDICE REMISSIVO..... 213

CAPÍTULO 10

CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS, TERRAS RARAS E ESCÂNDIO EM PERFIL DE INTEMPERISMO DE ROCHA METAULTRAMÁFICA (BOM JESUS DA PENHA – MG)

Data de aceite: 21/05/2021

Ilio Rodarte Faria Júnior

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto
de Geografia
Monte Carmelo, Brasil

RESUMO: O processo de formação dos horizontes lateríticos é responsável pela reorganização química e mineralógica dos litotipos pré-existentes, controlado pela mineralogia primária da rocha e pelas características de desenvolvimento do processo intempérico. Este artigo apresenta um estudo em um clorita-anfibólio xisto, a partir do qual se desenvolveram dois horizontes de intemperismo. No topo se observou solo caulínítico vermelho argiloso, enquanto, abaixo se desenvolve um horizonte saprolítico verde com plintitas de cor ocre, o qual contém montmorillonita neoformada. Os elementos químicos analisados tiveram variações nos teores ao longo desse perfil, sendo que todos os metais tiveram, em determinadas amostras, picos de acúmulos superiores a 100% em relação à rocha. Al_2O_3 , U, Th, Zr e TiO_2 mostraram concentração residual no topo do perfil, junto a caulinita e óxidos e hidróxidos de ferro; Fe_2O_3 , V e Co na transição entre os solos e saprolito; Mn, Cr_2O_3 , Ni, Zn, Cu e Elementos Terras Raras apresentaram máximos no horizonte plintificado, junto a montmorillonita; CaO, MgO e SiO_2 tiveram redução dos teores ao longo de todo o perfil estudado. Tomando o litotipo metaultramáfico,

destacam-se os enriquecimentos dos elementos terras raras e ítrio (ETR) e escândio (Sc) no perfil de intemperismo, os quais são compatíveis com modelos de mineralização laterítica desses elementos.

PALAVRAS - CHAVE: Enriquecimento laterítico; *Greenstone Belt* Morro do Ferro; Clorita-anfibólio xisto; Argilominerais neoformados; Escândio.

CONCENTRATION OF TRACE ELEMENTS, RARE EARTH ELEMENTS AND SCANDIUM IN WEATHERING PROFILE OF METAULTRAMAFIC ROCK (BOM JESUS DA PENHA – MG)

ABSTRACT: The development of lateritic horizons is responsible for chemical and mineralogical reorganization in the parent rock. The final arrangement is controlled by the primary composition of the parent material, climate conditions, presence of living organisms, topography and time. This work presents chemical data on two weathering horizons developed from chlorite-amphibole schist. The upper horizon is composed of a red clayey kaolinitic soil. A green saprolitic horizon with ocher plinthite and neoformed montmorillonite occurs below the former. Concentrations of analyzed elements vary along the soil profile and all metals have peak concentrations that are 100% higher than the parent rock. The upper part of the soil profile is enriched in Al_2O_3 , U, Th, Zr as well as in kaolinite and iron oxide-hydroxides. Highest concentrations of Fe_2O_3 , V and Co occur in the transition zone between the soil and saprolite horizons. On the other hand, highest values of Mn, Cr_2O_3 , Ni, Zn, Cu and Rare Earth Elements

occur in the montmorillonite bearing saprolite horizon. CaO, MgO and SiO₂ are depleted along the profile. Considering the metaltramafic composition of the parent rock, it is highlighted here the notable enrichment of rare earth elements, yttrium and scandium in the weathering profile, that can be compared to lateritic mineralization models of these elements.

KEYWORDS: Lateritic enrichment; Morro do Ferro Greenstone Belt; Chlorite-amphibole schists; Neoformed clay minerals, Scandium.

INTRODUÇÃO

Os perfis lateríticos são resultados de intenso intemperismo químico nas rochas sob clima tropical e subtropical. São comuns na paisagem brasileira, podendo haver, em um mesmo perfil, características que apontam para a sobreposição de mais de um período de lateritização (Trescases e Oliveira, 1978; Melfi et al., 1980; Dardenne e Schobbenhaus, 2001).

O estudo desses perfis de intemperismo é importante devido a seus aspectos econômicos na forma de mineralizações (Butt, 1975). Também são alvos de interesse de outras áreas do conhecimento por serem parte da interação do homem com o meio geológico.

O processo laterítico é responsável pelo rearranjo físico, químico e mineralógico do substrato geológico (Melfi et al., 1980; Marsh et al., 2013). Os metais e os elementos terras raras (ETR) apresentam comportamento geoquímico que promove suas concentrações em perfis lateríticos. Nessas condições as concentrações podem se dar de forma residual, em minerais resistentes ao intemperismo, ou devido a mobilidade vertical e/ou lateral dos elementos, seguida de incorporação na estrutura de minerais neoformados ou adsorvidos em suas superfícies (Nesbitt, 1979; Bao e Zhao, 2008; Marsh et al., 2013).

Esse artigo apresenta os produtos do intemperismo de uma rocha metaltramáfica na região de Bom Jesus da Penha (MG), focando no comportamento e concentração dos elementos químicos ao longo do perfil de intemperismo do clorita-anfíbólio xisto. O domínio geológico-geomorfológico no qual os perfis estão inseridos caracteriza uma ampla área da porção sul-sudoeste de Minas Gerais, onde as rochas do *Greenstone Belt* Morro do Ferro apresentam expressiva distribuição (Teixeira, 1978; Zanardo, 2003). Do ponto de vista da geologia econômica esse fato é de grande importância devido à vocação desses litotipos para gênese, entre outras, de concentrações metálicas lateríticas (Dardenne e Schobbenhaus, 2001; Marsh et al., 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e caracterização geológica/geomorfológica regional

A área de estudo localiza-se no sudoeste de Minas Gerais (Figura 1), na Rodovia BR-265, aproximadamente 6 km a nordeste de Bom Jesus da Penha (coordenadas

20°59'6.03"S, 46°29'34.78"O), situada na porção limítrofe dos litotipos aflorantes do Cráton do São Francisco e da Província Estrutural Tocantins (Almeida, 1981; Zanardo, 2003; Brito Neves et al., 1999; Valeriano et al., 2004).

Na região aflora o Complexo Barbacena, domínio arqueano/paleoproterozóico, composto por granitóides e biotita e/ou anfibólio gnaisses bandados (Hasui et al., 1988; Zanardo, 2003). Nesse se coloca o *Greenstone Belt* Morro do Ferro – GBMF – (Teixeira, 1978), composto por seqüências metavulcanossedimentares na forma de faixas alongadas segundo a direção WNW que se colocam embutidas por contatos tectônicos no Complexo Barbacena e no Grupo Araxá (Feola, 2004). Nessa unidade predominam rochas ultramáficas de composição komatiítica, rochas metabásicas de composição komatiítica, toleítica e, em menor escala, cálcio alcalina (Teixeira, 1978; Zanardo, 2003; Carvalho et al., 1992).

O Grupo Araxá (Neoproterozóico) é representado por seqüência metassedimentar com contribuição de rochas vulcânica e vulcanoclástica (p. ex. Simões, 1995; Zanardo, 2003). Essa unidade se instala na forma de cavalgamento de baixo ângulo (Simões, 1995), que também foram afetadas, em diferentes graus, por sistemas de cisalhamento direcionais, no final do Brasiliano (Morales, 1993).

A área de estudo se insere na unidade geomorfológica Planalto Poços de Caldas-Varginha (Figura 1), composta por colinas e morros, por vezes alongados, com vertentes convexo-côncavas e topos convexos a aplainados, em que predominam latossolos vermelho-amarelo e vermelho-escuros, podendo ocorrer Argissolos e Cambissolos (RADAMBRASIL, 1983).

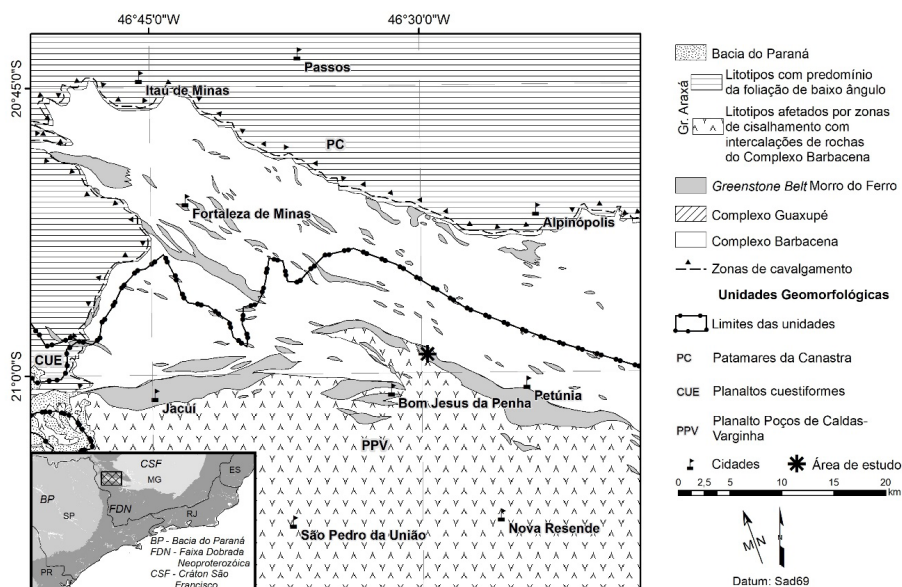


Figura 1 - Mapa geológico regional (adaptada de Zanardo, 2003), unidades geomorfológicas (modificado de RADAMBRASIL, 1983) e localização da área de estudo.

Descrição de afloramentos e coleta de amostras.

Foi descrito e registrado o perfil de intemperismo desenvolvido a partir de clorita-anfibólio xisto presente no local. As caracterizações química e mineralógica foram conduzidas a partir de 6 coletadas desse perfil de intemperismo (Figura 2).

A sobreposição de processos de intemperismo, com cobertura de solo, impediu a descrição contínua do perfil laterítico. Assim, a espessura máxima do horizonte plintificado, descrito em corte de estrada, foi estipulada tomando sua cota superior como equivalente ao afloramento descrito no topo do platô e sua cota mínima possível foi inferida com base no afloramento de rocha não intemperizada de maior elevação identificado em campo.

Caracterização mineralógica e química

As amostras coletadas foram quarteadas, secadas, moídas em cadinho de porcelana e peneiradas. Na sequência, a caracterização mineralógica de amostra total foi feita por difratometria de raios X, em equipamento PANalytical EMPYREAN (Departamento de Geologia da UNESP – Rio Claro), realizada com radiação de cobre ($WL=1,54056 \text{ \AA}$) e filtro de níquel. A descrição petrográfica das seções delgadas da rocha por luz transmitida-foi feita em microscópio óptico convencional, Zeiss Axioskop A1.

A preparação e análise química de rocha total foram feitos pelo Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTD, Vancouver, Canadá). Foram determinados os teores de SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O e K_2O por ICP-OES (Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado), após fusão utilizando metaborato/tetraborado de lítio. Os elementos Y, Th, Pb, Zn, Cu, Ni, V, Cr_2O_3 , Co, U, Zr, elementos terras-raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu), Y e Sc foram analisados por Espectrômetro de Massa com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS), após digestão de amostras sólidas em água régia. A perda ao fogo (LOI) foi determinada perante o aquecimento da amostra a 1.000°C por quatro horas.

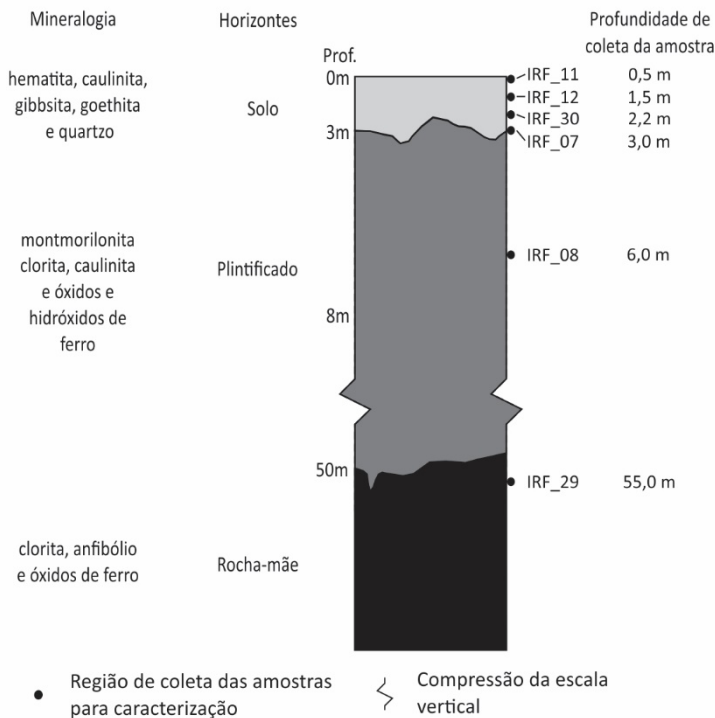


Figura 2 – Perfil de intemperismo esquemático, profundidade de coleta de amostras e resultados da caracterização mineralógica do clorita-anfibólio xisto e respectivos horizontes de intemperismo. A profundidade de coleta das amostras se dá em relação ao ápice topográfico do platô no domínio da rocha metaultramáfica (cota de 1150 metros).

Determinação do índice de intemperismo e de enriquecimento geoquímico.

O grau de intemperismo foi obtido pelo CIA (*Chemical Index of Alteration*), de Nesbitt e Young (1982), com base nos pesos molares:

$$CIA = \frac{(Al_2O_3)}{(Al_2O_3 + CaO + K_2O + Na_2O)} \times 100.$$

O fator de enriquecimento foi calculado no perfil de intemperismo utilizando o V como elemento imóvel (Thorne, 2011) com base em Nesbitt (1979):

$$\text{Fator de enriquecimento} = (Ce_{hz} / Ci_{hz}) / (Ce_{rm} / Ci_{rm})$$

Ce_{hz}: teor de determinado elemento no horizonte de intemperismo;

Ci_{hz}: teor do elemento imóvel no horizonte de intemperismo;

Ce_{rm}: teor de determinado elemento na rocha;

Ci_{rm}: teor do elemento imóvel na rocha.

O cério anômalo (Ce/Ce*), um indicativo da oxidação desse elemento de sua mobilidade diferencial frente aos demais ETR (Prudêncio et al., 1995; Lawrence et al., 2006), foi calculado pela fórmula de Lawrence et al. (2006):

$$Ce/Ce^* = Ce_N / (Pr_N^2 / Nd_N).$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Perfil de intemperismo

Foi identificado nessa região a presença de biotita gnaiesses, clorita-anfibólio xisto e quartzitos, justapostos por contatos tectônicos de alto ângulo, segundo a direção NW-SE, orientação idem àquela da foliação impressa nessas rochas. Nesses se descreveu um perfil laterítico com dois distintos horizontes de intemperismo (Figura 2), o saprolítico e os solos (pedogenético). O perfil sobre o xisto metaultramáfico encontra-se em um platô, com cota máxima em 1150 metros, topo de baixa declividade e orientado na direção NW-SE, e a base do perfil foi identificada na cota de 950 metros de altitude.

O horizonte de solo, que ocupa a região topograficamente mais alta e de menor declividade do relevo, apresentou espessura da ordem de 3 metros. Esse solo apresenta cor predominantemente vermelha (Figura 3), é argiloso, com baixa contribuição de quartzo visível (inferior a 10%) e apresenta nódulos ferruginosos de até 1cm.

A transição do solo para o saprolito é gradativa, marcada por mudança na cor, de vermelho intenso (topo dos solos) para ocre (base dos solos) e, posteriormente, com o incremento de cor verde, já no saprolito, sobrepondo a cor ocre. Essa passagem é marcada pela substituição de argilas de cor vermelha por aquelas de cor verde. Ao se adentrar o horizonte saprolítico, de coloração esverdeada, nota-se, ainda, influência de cor ocre, a qual diminui em direção a sua base. Junto a isso, nota-se, no saprolito, a preservação da fábrica original da rocha.

O horizonte saprolítico possui cor verde com plintitas de cor ocre. Encontra-se exposto em corte de estrada com espessura aflorante de 5 metros. As plintitas possuem formato esférico e diâmetro subcentimétrico ou compõem faixas de cor ocre, obedecendo a planos pré-existentes (Figura 4).

O saprolito é friável, com a fábrica original da rocha facilmente identificável. A mineralogia primária foi substituída, quase totalmente, por argilominerais, restando esparsos anfibólios com hábito ripiforme, que se dispõem paralelos à direção da foliação. Identificam-se, como minerais neoformados, argilas de cor verde e óxidos e hidróxidos de ferro, com cor ocre ou ocre-avermelhado.



Figura 3 – Solo vermelho argiloso desenvolvido a partir de clorita-anfibólio xisto.



Figura 4 – Horizonte plintificado, desenvolvido a partir de clorita-anfibólio xisto, mostra cor verde com plintitas e faixas de cor ocre, além de nódulos de óxido de ferro em planos de junta.

Em que se observe a ausência de exposição contínua do corpo metaultramáfico devido a cobertura de solos, a rocha que foi descrita a sudeste (aproximadamente 2,2 km), aflorando em drenagem, 50 metros abaixo do ápice do platô local, foi entendida como continuidade desse mesmo corpo (Feola, 2004).

O clorita-anfibólio xisto tem cor verde escuro, com foliação marcada por cristais de clorita, com hábito planar e tamanho inferior a 0,5 cm, que se orientam de forma subvertical na direção NW-SE. Os cristais de anfibólio se colocam como ripas menores que 0,5 cm, paralelas à direção da foliação.

Caracterização mineralógica, química e petrográfica do perfil de intemperismo.

As amostras do horizonte de solo, no domínio da rocha metaultramáfica, apresentam, como mineralogia principal, caulinita, hematita, goethita, gibbsita e quartzo (Figura 5).

Já o saprolito desse xisto mostrou a presença de clinocloro (variedade de clorita), montmorillonita (argila do grupo das esmectitas) e caulinita (Figura 5).

A caracterização petrográfica da rocha mostrou a presença de cristais de tremolita/actinolita (70%), clorita (26%), hidróxido de ferro (3%) e opacos (<1%), compondo um clorita-anfibólio xisto.

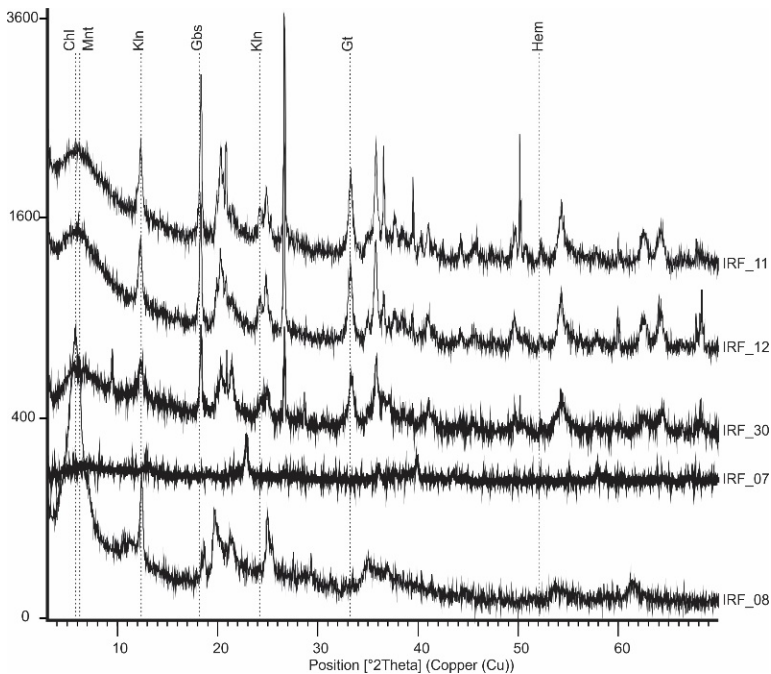


Figura 5 - Difratoograma de raios X de amostras do perfil de intertemperismo. O empilhamento dos difratogramas reflete a distribuição em profundidade das amostras coletadas. As Amostras IRF-11, 12, 30 e 07 se referem aos solos vermelhos, enquanto IRF-08 refere-se ao horizonte plintificado. (Abreviações: Chl – clorita; Mnt – montmorillonita; Kln – caulinita; Gbs – gibbsita; Gt – goethita; Hem – hematita).

O CIA mostra (Tabela 1) valores reduzindo do topo para a base do perfil laterítico, com maior grau de intertemperismo no horizonte de solos quando comparado ao saprolito, o que impacta a variação do conteúdo químico no perfil (Figura 6). A rocha apresenta teores totais de Na_2O e K_2O inexpressivos (0,11% e 0,02%, respectivamente). Os conteúdos de MgO e CaO mostram, nos horizontes de intertemperismo, valores significativamente inferiores à rocha, indicando lixiviação desses álcalis com o aumento do CIA (Tardy e Nahon, 1985). O SiO_2 tem seus menores valores no horizonte de solos, onde prevalecem argilominerais do tipo 1:1, com diminuto conteúdo na base desse horizonte. Já no horizonte saprolítico, onde predominam argilas do tipo 2:1, esse conteúdo é superior aos solos, porém inferior à rocha. Na rocha não intertemperizada seu teor é condizente com litotipos ultrabásicos. Fe_2O_3 e Al_2O_3 apresentam maiores conteúdos no horizonte de solos, onde se descrevem óxi-hidróxidos desses elementos.

Os teores de V são relativamente constantes ao longo do perfil, com leve aumento na base do horizonte de solos (IRF-07), o qual pode se associar ao pico de teor de Fe_2O_3 (Wright e Belitz, 2010) ou a minerais resistatos (Hill et al., 2000). Os teores de U, Th, Zr e TiO_2 mostram incremento em direção ao topo do perfil, acompanhando o aumento do grau

de intemperismo. Co, Mn e Cr_2O_3 apresentam aumento contínuo de seus teores em direção à base do perfil. Os valores analisados nos horizontes intemperizados são superiores àqueles dos respectivos elementos na rocha. Co atinge o ápice de valor na base dos solos (IRF-07) devido à afinidade desse elemento com óxi-hidróxidos de Fe (Marsh et al., 2013). Já Mn e Cr_2O_3 mostram altos conteúdos na base dos solos e no horizonte saprolítico, podendo indicar fixação como fase óxido desses elementos (Oze, 2003).

Analito	Unidade	Limite de detecção	Amostra					
			Solos				Hz. Plintificado	Rocha-mãe
			IRF-11	IRF-12	IRF-30	IRF-07	IRF-08	IRF-29
SiO ₂	%	0,010	31,020	32,210	23,830	19,900	36,820	44,120
TiO ₂	%	0,010	2,020	1,850	1,720	1,850	1,050	0,240
Al ₂ O ₃	%	0,010	31,090	27,980	24,560	20,130	12,660	9,860
Fe ₂ O ₃	%	0,040	18,440	20,150	29,630	40,260	23,900	10,880
MnO	%	0,010	0,050	0,060	0,140	0,200	0,220	0,160
MgO	%	0,010	0,030	0,210	1,500	0,040	2,710	21,490
CaO	%	0,010	0,010	0,030	0,030	0,020	0,340	5,920
Na ₂ O	%	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	0,110
K ₂ O	%	0,010	0,030	0,040	0,020	<0,010	0,050	0,020
Cr ₂ O ₃	%	0,002	0,176	0,241	0,815	1,088	1,145	0,346
Th	ppm	0,010	11,900	9,800	4,700	0,800	0,900	<0,200
Pb	ppm	0,100	10,500	11,700	14,300	1	9,400	0,900
Zn	ppm	1,000	12	76,000	41,000	109	939	15
Cu	ppm	0,100	20,400	86,800	66,200	324,200	1.035,100	20,600
Ni	ppm	20,000	113	379	804	1.246	4.204	1.198
V	ppm	8,000	277	244	438	512	222	167
Zr	ppm	0,100	402	322,500	180,400	113,300	86,300	12,400
U	ppm	0,100	2,400	2	1,200	0,300	0,300	<0,100
Co	ppm	0,200	9,400	16,200	95,400	204,900	172,400	85,200
Soma	%		99,830	99,820	99,820	99,730	99,300	99,910
LOI	%		16,900	16,900	17,300	16	19,800	6,600
CIA (Nesbitt e Young 1979)			99,800	99,600	99,600	99,700	94,800	47,300

Tabela 1 – Composição geoquímica dos elementos químicos maiores e menores da rocha metaltramáfica e de seus horizontes de intemperismo.

		Amostra							
		Solos					Hz. Plintificad o	Rocha- mãe	
Analito	Unidad e	Limite de deteccã o	IRF-11	IRF-12	IRF-30	IRF-07	IRF-08	IRF-29	
ETR leves (ETRL)	La	ppm	0,100	5,200	32,600	5	8,200	425,400	1,900
	Ce	ppm	0,100	14,300	15,000	30,800	17,700	38,600	1,900
	Pr	ppm	0,020	0,680	7,950	1,150	2,090	109,190	0,460
	Nd	ppm	0,300	2,400	33,100	4,400	8,100	456,300	1,800
	Sm	ppm	0,050	0,610	7,910	1,150	2,030	113,020	0,580
ETR pesados e ítrio (ETRPY)	Eu	ppm	0,020	0,140	2,840	0,340	0,690	39,500	0,250
	Gd	ppm	0,050	1,040	9,460	1,360	2,020	130,580	1,080
	Tb	ppm	0,010	0,210	1,630	0,250	0,370	22,550	0,240
	Dy	ppm	0,050	1,450	10,030	1,660	2,540	137,010	1,810
	Ho	ppm	0,020	0,370	0,510	0,430	0,340	1,960	26,470
	Er	ppm	0,030	1,150	5,530	1,140	1,550	72,820	1,290
	Tm	ppm	0,010	0,190	0,790	0,190	0,260	10,500	0,210
	Lu	ppm	0,010	0,220	0,820	0,210	0,280	9,750	0,230
	Yb	ppm	0,050	1,330	5,150	1,250	1,870	64,560	1,460
	Y	ppm	0,100	10	55,200	8,500	9,60	694,800	11,100
	Sc	ppm	1	38	40	69	119	60	31
	ETR _r	ppm		39,300	190	57,800	57,800	2.351,100	24,700
	ETRL	ppm		23,200	96,600	42,500	38,100	1.142,500	6,600
ETRP	Ppm		16,070	93,410	15,270	19,690	1.208,540	18,100	
Ce/Ce*			2,344	0,248	3,236	1,036	0,047	0,510	
La _N /Yb _N			2,800	4,540	2,870	3,140	4,720	0,930	

Tabela 2 – Composição geoquímica dos elementos terras raras, ítrio e escândio na rocha metalultramáfica e de seus horizontes de intemperismo.

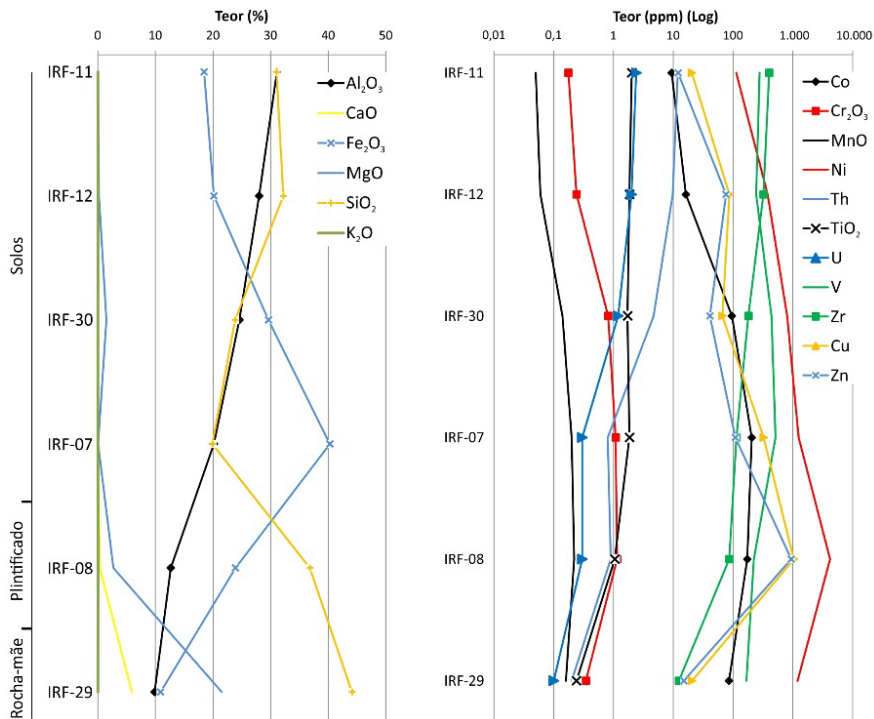


Figura 6 – Variação dos teores dos principais elementos no perfil de intemperismo.

Ni, Zn e Cu mostram leve, porém gradual, incremento nos teores do topo até a base do horizonte de solos, com valores inferiores à rocha. No horizonte plintificado esses metais mostram abrupto aumento de seus conteúdos absolutos, onde os teores superam o conteúdo da rocha. Ni e Zn podem ser incorporados à estrutura dos argilominerais do tipo 2:1 (Marsh et al., 2013), enquanto o Cu comumente se associa à goethita no horizonte plintificado (Reimann e de Caritat, 1998).

A redistribuição e picos de concentração dos principais metais pelo processo laterítico (Nesbitt, 1979; Tardy e Nahon, 1985; Marsh et al., 2013) se encontram na Tabela 3. Nessa se nota que os elementos químicos mostram grupos com comportamentos geoquímicos similares, levando a os associar às fases mineralógicas residuais ou neoformadas no perfil de intemperismo.

A lixiviação levou ao forte empobrecimento dos álcalis CaO e MgO (Figura 7) ao longo dos horizontes de intemperismo. No saprolito, por sua vez, se identifica o menor empobrecimento desse elemento no perfil laterítico.

Elemento	Teor na rocha (ppm)	Pico de teor (ppm)	Amostra com pico de teor	Horizonte	Concentração em relação à rocha (%)	CIA
U	0,100	2,400	IRF-11	Solos	2.400	99,800
Th	0,200	11,900			5.950	
Zr	12,400	402			3.241	
TiO ₂	0,240	2,020			841	
V	167	512	IRF-07	Base do horizonte de solos	306	99,700
Co	85,200	209,400			245	
Mn	0,160	0,220	IRF-08	Horizonte plintificado	137	94,800
Cr ₂ O ₃	0,346	1,145			330	
Ni	1.198	4.204			350	
Zn	15	939			6.260	
Cu	20,600	1.035,100			5.024	

Tabela 3 – Distribuição dos picos de teores, de acordo com o CIA, dos principais metais analisados.

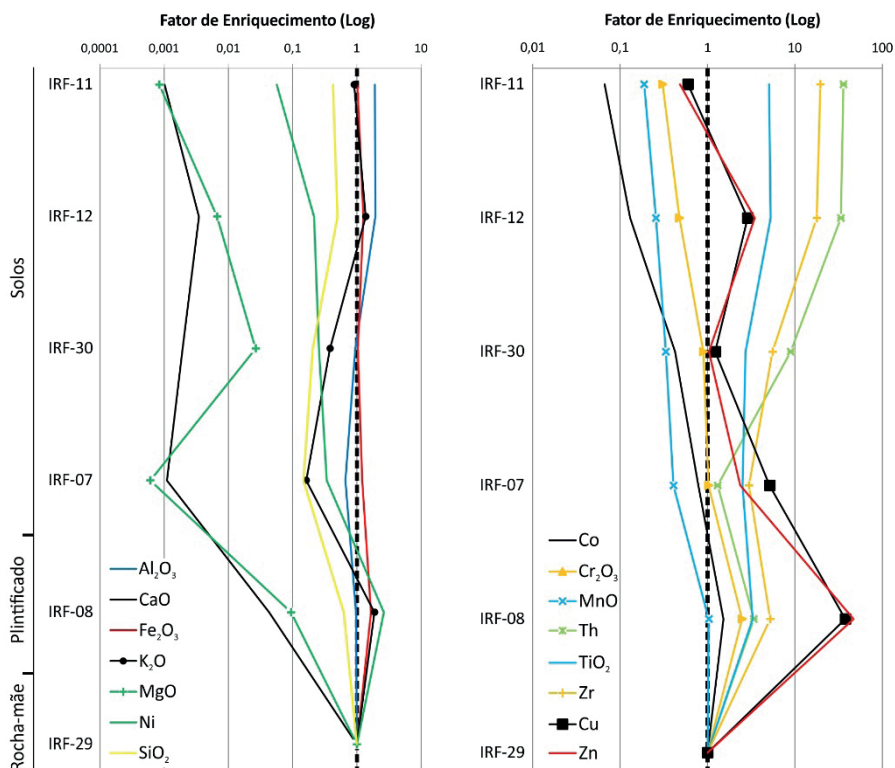


Figura 7 – Fator de enriquecimento de parte dos elementos químicos no perfil de intemperismo. Calculados em relação ao Vanádio (V) (Thorpe, 2011).

O Al_2O_3 e o Fe_2O_3 mostram estabilidade ao longo do perfil, com leve enriquecimento do primeiro apenas no topo dos solos, enquanto o segundo mostra enriquecimento no horizonte plintificado. Tal condição reflete a baixa mobilidade desses elementos e oscilação de conteúdo decorrente da lixiviação/acumulação dos demais elementos químicos.

O SiO_2 apresenta constante empobrecimento nos horizontes de intemperismo, decorrente da alteração intempérica dos silicatos e lixiviação desse elemento, com menor perda no horizonte saprolítico, em que a montmorillonita apresenta maior conteúdo de SiO_2 que a caulinita (Pearson, 1978).

Th, Zr e TiO_2 apresentam enriquecimento em direção ao topo do perfil, junto ao aumento do CIA, podendo se associar a minerais resistatos ou à óxi-hidróxidos neoformados de Fe-Mn (Marker et al., 1991; Ulbrich et al., 2009).

Zn e Cu apresentam empobrecimento no topo do perfil de solos, seguido de contínuo enriquecimento abaixo desse local. Destacam-se os picos de adição desses elementos na porção intermediária dos solos (IRF-12) e no saprolito (IRF-08). Esse pico no saprolito mostra o maior enriquecimento registrado para os metais, com média de 42,44 em relação à rocha.

Co, Mn, Cr_2O_3 e Ni apresentam empobrecimento no horizonte de solos, o qual diminui do topo para a base desse perfil, mudando para enriquecimento no horizonte saprolítico. Essa variação gradativa sugere migração vertical desses elementos, típico do processo laterítico (Reimann e de Caritat, 1998).

No caso específico do Ni, o maior enriquecimento e pico de teor se dá no horizonte contendo montmorillonita, compatível com a incorporação na estrutura desse argilomineral (Marsh et al., 2013). Essa situação é equivalente ao que se observa em jazidas lateríticas desse metal (Brand et al., 1998; Marsh et al., 2013).

Elementos terras raras

Os ETR apresentam variações e diferenciações de conteúdo ao longo do perfil de intemperismo (Figura 8). Anomalias positivas de Ce se repetem nos horizontes de solo e saprolito (Tabela 2), indicado condições oxidantes ao longo da faixa amostrada do perfil de intemperismo (Braun et al., 1990). Por sua vez, o Ce mostra distinções de seu conteúdo para seus pares (La e Pr) ao longo das amostras analisadas (Figura 8), com sobressalto de seus valores no horizonte de solos e menor expressão no saprolito (IRF-08), associado a seu distinto comportamento geoquímico frente aos demais ETR. Mesmo assim, o Ce apresenta enriquecimento por todo perfil, com pico na amostra do horizonte plintificado (IRF-08), marcado, também, pelo seu maior conteúdo absoluto.

Tratando as amostras normalizadas pelo condrito (Figura 8), nota-se, em vias gerais, que o horizonte de solos apresenta tendência de aumento dos ETR leves (ETRL – La a Sm) em relação à rocha, enquanto os ETR pesados (ETRP – Eu a Y) mostram conteúdos similares à rocha. Nas avaliações petrográfica não foram observados minerais silicáticos

de ETR resistentes ao intemperismo (Cullers e Graf, 1984), o que sugere a fixação desses ETRL junto a minerais neoformados no horizonte de solo. A caracterização química (Tabela 2) mostra um aumento de conteúdo total de ETR de 24,7ppm na rocha para 2351,1ppm no horizonte saprolítico, um incremento de 95,18 vezes para o conteúdo total.

As variações de conteúdo de ETRL e ETRP entre as amostras refletem a variação da relação La_N/Yb_N (Tabela 3). Ao longo do perfil notou-se uma tendência de aumento dessa relação do topo para a base dos horizontes avaliados, sendo que essa diferenciação se associa, majoritariamente, à mineralogia original portadora desses elementos e à sua capacidade de fixação em minerais neoformados (Bao e Zhao, 2008).

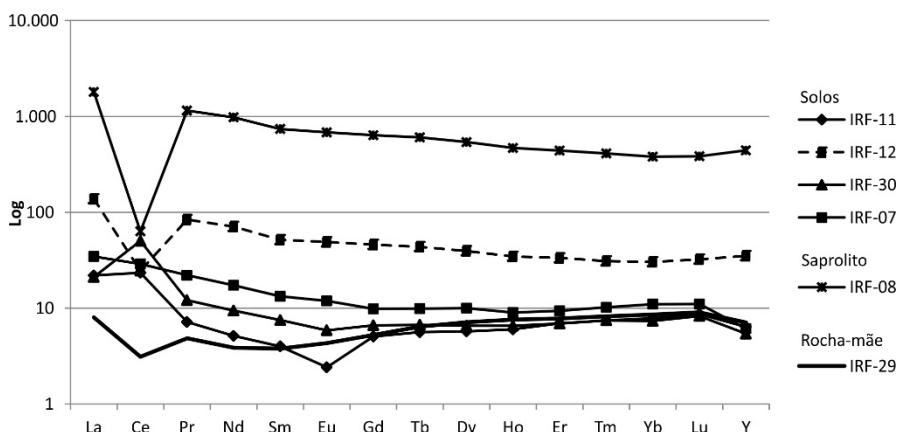


Figura 8 – Distribuição dos teores de ETR normalizados de acordo com os horizontes de intemperismo. Dados normalizados pelo condrito de Sun e McDonough (1989).

Os ETRL (exceção ao Ce) e os ETRP (somado do Y) mostram comportamentos similares para a variação de seus fatores de enriquecimento (Figura 9). Os ETRL tiveram enriquecimento ao longo de todo perfil, com pico mais proeminente no horizonte plintificado. Já os ETRP tiveram empobrecimento no horizonte de solos (exceção à amostra IRF-12) e passaram a um pronunciado enriquecimento no horizonte plintificado. O pico de enriquecimento de ETR ocorre no horizonte portador de montmorillonitas, argilominerais com alta CTC, que apresentam capacidade de adsorção desses metais (Moldoveanu e Papangelakis, 2012).

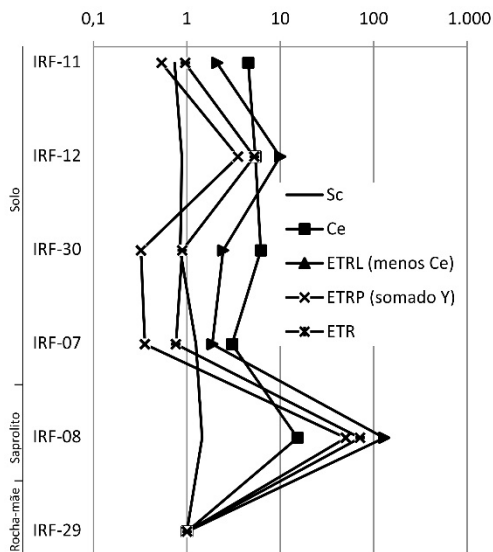


Figura 9 – Fator de enriquecimento dos ETR, Y e Sc no perfil de intemperismo, calculados em relação ao Vanádio (V), com fórmula apresentada em Thorne (2011).

A avaliação da variação dos conteúdos dos ETR sugere a mobilidade vertical desses elementos como resposta ao processo intempérico (Nesbitt, 1979; Bao e Zhao, 2008; Duzgoren-Aydin e Aydin, 2009). Esse comportamento é corroborado pela somatória dos aspectos de distribuição do Ce em relação aos seus pares, assim como a variação da relação La_N/Yb_N e dos conteúdos totais de ETR, com enriquecimento aumentando do horizonte de solos para o horizonte plintificado. A somatória de resultados aponta para uma condição em que esse aumento de conteúdo dos ETR se assemelha à gênese das jazidas de concentração laterítica de ETR adsorvidos em argilas (Bao e Zhao, 2008).

O escândio (Sc), elemento raro e alvo de pesquisas minerais em perfis de intemperismo de rochas (meta)máficas-(meta)ultramáficas (Maulana et al., 2016), também apresentou constante incremento de teores nos horizontes de intemperismo em relação à rocha (31 ppm). Seu pico de teor foi observado na base do horizonte de solos (IRF-07 – 119 ppm), junto ao maior conteúdo de Fe_2O_3 . Essa situação, assim como descrito por Maulana et al. (2016), sugere que esse elemento químico se aloje junto a óxi-hidróxidos de Fe, com variação de seu conteúdo devendo-se à atuação do intemperismo. Apesar desse pico de teor, seu maior fator de enriquecimento foi descrito, assim como os demais ETR, no horizonte plintificado (69 ppm), havendo empobrecimento na porção superior do horizonte de solos e enriquecimento na base desse horizonte (IRF-07) e no saprolito (IRF-08).

CONCLUSÃO

Associando as características morfológicas reconhecidas no campo com as composições químicas e mineralógicas, fica evidente que a rocha metaultramáfica estudada foi submetida a condições de pronunciado intemperismo químico resultando em espesso perfil laterítico (Nesbitt, 1979; Melfi et al., 1980; Marsh et al., 2013). Foram identificados horizontes de intemperismo que, no local, variam entre altitudes de 950 a 1150 metros, cuja preservação é controlada pela presença de horizonte de solos lateríticos no topo, o qual age como uma couraça frente à erosão (Melfi et al., 1980). O processo intempérico promoveu a variação dos conteúdos dos elementos químicos ao longo dos horizontes formados. Frente a isso, foram descritos indicativos da mobilidade vertical desses elementos, a exemplo daqueles com empobrecimento no horizonte de solos seguido de expressivo enriquecimento no saprolito, seguindo a variação do CIA.

Tratando o potencial mineral, os fatores de enriquecimento dos metais nos horizontes lateríticos, além da organização mineralógica de argilas neoformadas, são comparáveis àquelas geradoras de depósitos desses elementos. Como exemplo, o fator de enriquecimento de níquel e cobalto é análogo àquele gerador de jazidas lateríticas desses metais (Marsh et al., 2013). Esses indicadores apontam condições de concentração química favorável à prospecção mineral de metais nas rochas metaultramáficas do domínio da unidade geomorfológica que contem esse perfil laterítico.

Junto aos elementos traços, os teores de ETR e Sc também apresentaram assinatura de enriquecimento laterítico no horizonte saprolítico, junto aos argilominerais do tipo 2:1. Esses valores de ETR encontrados no saprolito são notoriamente superiores àqueles apresentados por Lima (2014) para as rochas metamáficas-metaultramáficas da região, o que corrobora a ação do intemperismo na modificação e aumento do conteúdo desses elementos. Tomando os modelos de concentrações lateríticas (Bao e Zhao, 2008; Maulana et al., 2016), os valores obtidos para os ETR e o Sc são propícios ao prosseguimento de suas caracterizações no perfil de intemperismo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA F. F. M. (1981) **O Cráton do Paramirim e sua relação com o do São Francisco**. In: SIMPÓSIO DO CRÁTON SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS. Salvador. Anais..., Salvador, p. 1-10. 1981.
- BAO, Z., ZHAO, Z. (2008) **Geochemistry of mineralization with exchangeable REY in the weathering crusts of granitic rocks in South China**. Ore Geol. Rev., 33, 519-535. 2008.
- BRAND, N.W., BUTT, C.R.M., ELIAS, M. (1998). **Nickel laterites—Classification and features**. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 17, 81–88. 1998.

BRAUN J., PAGEL, M., MULLER, J., BILONG, P., MICHARD, A., GUILLET, B. (1990). **Cerium anomalies in lateric profiles**. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 781-795.

BRITO NEVES, B. B., CAMPOS NETO, M. C., FUCK, R. A. (1999). **From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-PanAfrican cycle and orogenic collage**. *Gondwana Research*, 22, 3, 155-166.

BUTT, C. R. M. (1975). **Nickel laterites and bauxites**. CSIRO Australia. Division of Mineralogy. Perth. Report FP12, 34.

CARVALHO, S. G., SOAREAS, P. C., BARBOUR, A. P. (1992). **Mineralizações nos terrenos greenstone de Alpinópolis e Fortaleza de Minas**. *Geociências*, 11 (1), 19-47.

CULLERS, R. L., GRAF, J. L. (1984). **Rare-earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks-ore petrogenesis**. In: HENDERSON, P. (Ed.). *Rare Earth Element Geochemistry*, 1, 275–316. Amsterdam: Elsevier. DARDENNE, M. A., SCHOBENHAUS, C. (2001). *Metalogênese do Brasil*. Brasília: Editora UnB.

DUZGOREN-AYDIN, N. S. D., AYDIN, A. (2009). **Distribution of rare earth elements and oxyhydroxide phases within a weathered felsic igneous profile in Hong Kong**. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 1-9.

FEOLA, J. L. (2004). **Mineralizações auríferas hospedadas na faixa metavulcano-sedimentar Jacuí-Bom Jesus da Penha – Sudoeste de Minas Gerais**. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.

HASUI, Y., RODRIGUES, E. P., OLIVEIRA, M. C. B., HENS, J., MORALES, N., ZANARDO, A., QUADE, H., NYK, R., KULLER, M. L., FRASCA, M. H. B. O. (1988). **Deformação por cisalhamento dúctil: modelo de transformação de rochas pré-cambrianas antigas do leste de São Paulo**. São Paulo: Relatório IPT, n. 25908, v.3.

HILL, I. G., WORDEN, R. H., MEIGHAN, I. G. (2000). **Geochemical evolution of a palaeolaterite: the Interbasaltic Formation, Northern Ireland**. *Chemical Geology*, 166 (1-2), 65-84.

LAWRENCE, M. G., GREIG, A., COLLERSON, K. D., KAMBER, B. S. (2006). **Rare earth element and yttrium variability in south east Queensland waterways**. *Aquat. Geochem.*, 12, 39-72.

LIMA, F. G. (2014). **Evolução petrogenética das rochas máficas/ultramáficas na área ao sul do Cráton São Francisco, entre as cidades de Fortaleza de Minas e Jacuí-MG**. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.

MARKER, A., FRIEDRICH, G., CARVALHO, A., MELFI, A. (1991). **Control of the distribution of Mn, Co, Zn, Zr, Ti and REEs during the evolution of lateritic covers above ultramafic complexes**. *Journal of Geochemical Exploration*, 40, 361-383.

MARSH, E. E., ANDERSON, E. D., GRAY, F. (2013). **Nickel-cobalt laterites - A deposit model**. In: *Mineral deposit models for resource assessment*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 200–5070–H, 38.

- MAULANA, A., SANEMATSU, K., SAKAKIBARA, M. (2016). **An overview on the possibility of scandium and REE occurrence in Sulawesi, Indonesia**. Indonesian Journal on Geoscience, 3 (2), 139-147.
- MELFI, A. J., TRESCASES, J. J., OLIVEIRA, S. M. B. (1980). **Les “laterites” nickelíferes du Brésil**. Sér. Geol., 11, 15-42.
- MORALES, N. (1993). **Evolução tectônica do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio na porção ocidental**. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.
- MOLDOVEANU, G. A., PAPANGELAKIS, V. G. (2012). **Recovery of rare earth elements adsorbed on clay minerals: I. Desorption mechanism**. Hydrometallurgy, 117–118, 71-78.
- NESBITT, H. W. (1979). **Mobility and fractionation of rare-earth elements during weathering of granodiorite**. Nature, 279, 206–210.
- NESBITT, H. W., YOUNG, G. M. (1982). **Early Proterozoic climate and plate motions inferred from major element chemistry of lutites**. Nature, 29, 715-717.
- OZE, C. J. P. (2003). **Chromium geochemistry of serpentinite and serpentinite soils**. Tese (Doutorado). Stanford: Geological and Environmental Sciences – Stanford University.
- PEARSON, M. J. (1978). **Quantitative clay mineralogical analyses from bulk chemistry of sedimentary rocks**. Clay and Clay Minerals, 26 (6), 423-433.
- PRUDÊNCIO, M. I., GOUVEIA, M. A., SEQUEIRA BRAGA, M. A. (1995). **REE distribution in presente-day and ancient surface environments of basaltic rocks (Central Portugal)**. Clay Minerals, 30, 239-248.
- RADAMBRASIL. (1983). **Levantamento dos recursos naturais – Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória**. Ministério de Minas e Energia, v. 32.
- REIMANN, C., CARITAT, P. (1988). **Chemical elements in the environment - factsheets for the geochemist and environmental scientist**. Berlim: Springer-Verlag.
- SIMÕES, L. S. A. (1995). **Evolução tectono-metamórfica da Nappe de Passos, sudoeste de MG**. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- SUN, S. S., MCDONOUGH, W. F. (1989). **Chemical and isotopis systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes**. In: SAUNDERS, A. D., NORRY, M. J. (eds.) Magmatism in the oceanic basins. Londres: The Geological Society.
- TARDY, Y., NAHON, D. (1985). **Geochemistry of laterites, stability of Al-goethite, Al-hematite, and Fe³⁺-kaolinite in bauxites and ferricretes: an approach to the mechanism of concentration formation**. American Journal of Science, 285, 865-903.
- TEIXEIRA, N. A. (1978). **Geologia e petrologia e prospecção geoquímica da seqüência vulcano-sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG)**. Dissertação (Mestrado). Brasília: Instituto de Geociências – UNB.

THORNE, R. L. (2011). **Nickel laterites, origin and climate**. Tese (Doutorado). Southampton: Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Ocean and Earth Science – University of Southampton.

TRESCASES, J. J., OLIVEIRA, S. M. B. (1978). **Alteração dos serpentinitos de Morro do Níquel (MG)**. In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia, 4, 1655-1669. Recife: SBG.

ULBRICH, H. H. G. J., ULBRICH, M. N. C., FERREIRA, F. J. F., ALVES L. S., GUIMARÃES, G. B., FUCHTING, A. (2009). **Levantamentos Gamaespectrométricos em Granitos Diferenciados. I: Revisão da Metodologia e do Comportamento Geoquímico dos Elementos K, Th e U**. Revista Geologia USP Série Científica, 9 (1):33-53.

VALERIANO, C. M., MACHADO, N., SIMONETTI, I. A., VALLADARES, C. S., SEER, H. J., SIMÕES, L. S. (2004). **U-Pb geochronology of the southern Brasília Belt (SE Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West- Gondwana**. Precambrian Research, 130 (1), 27-55.

WRIGHT, M., BELITZ, K. (2010). Factors controlling the regional distribution of vanadium in groundwater. Ground Water, 48 (4), 515-525.

ZANARDO, A. (2003). **Pesquisa geológica e de matérias-primas cerâmicas do centro nordeste do Estado de São Paulo e vizinhanças: sistematização crítica da produção técnico-científica**. Tese (Livre Docência). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altitudes normais ortométricas 109
Ambiente Depositional 1, 6, 7, 9, 10, 11
Anemômetro 136, 138, 140, 141, 143
APPs 198, 201, 206, 208
Argilominerais neoformados 116

B

Bacia do Paraná 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13
Barragens 8, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
Biomarcadores 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11

C

Chandler 157, 158, 163, 164, 165
Classificação de Imagens 30, 172, 198, 204, 205, 209
Clima 15, 19, 43, 44, 45, 53, 78, 117, 137, 140, 171, 180, 182, 193, 195, 211
Cobertura do Solo 182, 198, 204
Curitiba 9, 12, 41, 115, 198, 201, 203, 204, 208, 209, 211

D

Dam Break 8, 145, 146, 150
Desastres 8, 44, 55, 151, 152, 153, 155

E

Educação 15, 18, 19, 20, 26, 27, 41
ENOS 43, 44, 48, 51, 52, 54, 56, 180, 185, 188
Enriquecimento laterítico 116, 131
Equações Empíricas 145, 146, 147, 148
Escala de Beaufort 136
Escândio 8, 116, 125, 130
Euterpe Oleracea 136, 143
Evolução Temporal 30, 182

F

Formação Irati 6, 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14

G

Geodésia 100, 110, 158

Gestão ambiental 30

Gravimetria 109

Greenstone Belt Morro do Ferro 116, 117, 118

I

Imagens de Satélite 30, 31, 40, 199, 202, 209

Interpolação 55, 68, 80, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

L

Legislação Ambiental 167, 168, 169

M

Medidas 8, 63, 64, 65, 80, 96, 110, 111, 150, 151, 152, 153, 155, 169, 182, 184

Morfometria fluvial 167, 174

Movimento Polar 157, 158, 163, 164

Mudanças Climáticas 110, 168, 180, 182

Museu 6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 135

P

Planejamento Urbano 199, 203

Plano de Ação 145

R

Rios Urbanos 167, 168, 173, 174, 175, 205

S

Sensoriamento Remoto 6, 30, 31, 32, 34, 37, 40, 41, 74, 80, 85, 167, 168, 198, 201, 209

T

Tempo 5, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 31, 40, 44, 46, 63, 78, 82, 84, 100, 101, 103, 107, 110, 137, 139, 146, 147, 148, 149, 163, 186, 196, 204

Terremoto 8, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166

TSM 6, 43, 44, 45, 47, 48, 54, 55, 56, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 88

U

Urbanização 40, 167, 168, 175, 176, 177, 180, 186, 197

V

Variável hidrológica 44

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br





Atena
Editora

Ano 2021

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021