

# Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani  
(organizador)

VOL II

 EDITORA  
ARTEMIS  
2024

# Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani  
(organizador)

VOL II



EDITORA  
ARTEMIS  
2024



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). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Alireza Mohebi Ashtiani
<b>Imagem da Capa</b>	Abstract Style Landscapes /123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Prof. Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juárez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*  
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*



Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*  
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, *Universidad del Pais Vasco, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*  
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*  
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – *Universidad de Oviedo, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*  
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E82 Estudos em Ciências Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades II / Organizador Alireza Mohebi Ashtiani. – Curitiba, PR: Artemis, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-39-0

DOI 10.37572/EdArt\_271124390

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ashtiani, Alireza Mohebi.

CDD 509

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

## INTRODUÇÃO

A coletânea *Estudos em Ciências Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades II* reúne contribuições significativas nas áreas de geociências, engenharia e física, com um foco particular na análise e solução de problemas complexos em diferentes contextos e regiões do mundo. Os artigos apresentados neste volume abordam desde questões geológicas e ambientais até modelos matemáticos avançados aplicados a problemas práticos, evidenciando a diversidade e a riqueza dos desafios contemporâneos enfrentados por pesquisadores nas Ciências Exatas e da Terra.

O primeiro artigo, *Feições Erosivas em Vargem Alta (Espírito Santo, Brasil)*, trata das dinâmicas de erosão no município de Vargem Alta, com um olhar atento aos processos naturais e suas consequências para o meio ambiente local. Em seguida, *Análise de Estabilidade de Talude no Município de Vargem Alta (ES)* oferece uma análise detalhada sobre a estabilidade de taludes e suas implicações para a segurança das áreas urbanas e rurais afetadas.

No artigo *Contribuição para o Zoneamento de Risco de Inundações Urbanas no Município de Lichinga, Província de Niassa, Moçambique*, o foco se desloca para a aplicação de metodologias para o zoneamento de risco de inundações, um tema de grande importância para o planejamento urbano e a segurança das populações em regiões vulneráveis.

No trabalho *Paleocanais na Plataforma Continental Interna do Rio Grande: Evidências de Variações Eustáticas Durante o Quaternário*, os autores investigam as evidências geológicas de mudanças eustáticas, proporcionando uma compreensão mais profunda dos eventos climáticos e ambientais que marcaram a história do planeta.

No campo da geografia e da agricultura, *Consolidação de Terras Agrícolas (Estudo de Caso Russo)* apresenta um estudo de caso sobre a reorganização da agricultura em uma região da Rússia, discutindo a viabilidade de práticas de consolidação de terras para otimizar o uso da terra e aumentar a produção agrícola.

Seguindo para a física aplicada, o artigo *1D Space-Time Solution of the Species Diffusion Equation with Double Entry Boundary in Spherical Foods* explora soluções matemáticas para a equação de difusão de espécies, com aplicação no setor alimentício, focando na modelagem de processos dentro de esferas alimentícias.

Em seguida, *Modelo Matemático de Difracción en Región de Fresnel Convergente y Divergente de una Lente Esférica* apresenta um modelo matemático inovador para a difração da luz em lentes esféricas, contribuindo para o campo da óptica e suas aplicações.

Por fim, *Caracterización de los Efectos de una Fulguración Solar* discute os impactos de eventos solares extremos, com foco nas implicações para a física espacial e para a proteção de tecnologias modernas sensíveis, como satélites e sistemas de comunicação.

Como é possível observar, este volume é uma contribuição valiosa para o avanço das Ciências Exatas e da Terra, apresentando uma ampla gama de pesquisas que têm o potencial de influenciar práticas em diversas áreas, desde a mitigação de riscos ambientais até o desenvolvimento de novas tecnologias e abordagens inovadoras em várias disciplinas. A variedade de temas e abordagens evidenciam a complexidade dos desafios que os pesquisadores enfrentam atualmente e reforçam a importância da colaboração interdisciplinar para o progresso científico.

Desejo a todos uma proveitosa leitura!

**Alireza Mohebi Ashtiani**

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

FEIÇÕES EROSIVAS EM VARGEM ALTA (ESPÍRITO SANTO, BRASIL)

Éder Carlos Moreira

Leonardo Coelho Fabrino Filho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243901](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243901)

### **CAPÍTULO 2..... 15**

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDE NO MUNICÍPIO DE VARGEM ALTA (ES)

Éder Carlos Moreira

Eric José Cerqueira Gonçalves

Thiago Curty Vimercati

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243902](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243902)

### **CAPÍTULO 3..... 27**

CONTRIBUIÇÃO PARA O ZONEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÕES URBANAS NO MUNICÍPIO DE LICHINGA, PROVÍNCIA DE NIASSA, MOÇAMBIQUE

Americo José Fombe

Gustavo Sobrinho Dgedge

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243903](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243903)

### **CAPÍTULO 4..... 47**

PALEOCANAIS NA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DO RIO GRANDE: EVIDÊNCIAS DE VARIAÇÕES EUSTÁTICAS DURANTE O QUATERNÁRIO

Laurício Corrêa Terra

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243904](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243904)

### **CAPÍTULO 5..... 56**

AGRICULTURAL LAND CONSOLIDATION (RUSSIAN CASE STUDY)

Alexander Sagaydak

Anna Sagaydak

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243905](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243905)

**CAPÍTULO 6..... 64**

1D SPACE-TIME SOLUTION OF THE SPECIES DIFFUSION EQUATION WITH DOUBLE ENTRY BOUNDARY IN SPHERICAL FOODS

Juan Ignacio González Pacheco

Mariela Beatriz Maldonado

Ariel Fernando Márquez Agüero

Paula Anabella Giorlando Videla

Leonel Nicolás Lisanti

Carla Rocío Zaragoza

Oscar Daniel Galvez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243906](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243906)

**CAPÍTULO 7 ..... 85**

MODELO MATEMÁTICO DE DIFRACCIÓN EN REGIÓN DE FRESNEL CONVERGENTE Y DIVERGENTE DE UNALENTE ESFÉRICA

Esteban Andrés Zárate

Quintiliano Angulo Córdova

Marian Cristina Ricárdez Torres

Omar Morales Alejos

Israel Benjamín Sánchez Jiménez

José Adán Hernández Nolasco

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243907](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243907)

**CAPÍTULO 8..... 100**

CARACTERIZACIÓN DE LOS EFECTOS DE UNA FULGURACIÓN SOLAR

Guillermo Daniel Rodriguez

Ricardo Ezequiel Garcia

Leonardo José Navarría

Nicolas Quaglino

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2711243908](https://doi.org/10.37572/EdArt_2711243908)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....112**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 113**

# CAPÍTULO 1

## FEIÇÕES EROSIVAS EM VARGEM ALTA (ESPÍRITO SANTO, BRASIL)

Data de submissão: 25/10/2024

Data de aceite: 14/11/2024

### Éder Carlos Moreira

Professor Adjunto do curso de  
Geologia na Universidade Federal do  
Espírito Santo (UFES)  
Alegre – Espírito Santo

<http://lattes.cnpq.br/9650042242680161>

### Leonardo Coelho Fabrino Filho

Graduado em Geologia pela Universidade  
Federal do Espírito Santo (UFES)  
Alegre – Espírito Santo

<http://lattes.cnpq.br/9677406483488981>

**RESUMO:** A erosão do solo pode ser intensificada por atividades humanas como desmatamento e agricultura intensiva. O município de Vargem Alta, situado ao sul do estado do Espírito Santo, enfrenta dificuldades devido às suas características geográficas e às práticas econômicas locais. Os processos erosivos podem resultar na perda de solo, assoreamento de rios, diminuição de nutrientes e compactação do solo, afetando a agricultura

e gerando prejuízos a toda sociedade. Além disso, formam feições erosivas como sulcos, ravinas e voçorocas. O estudo realizado envolveu a classificação supervisionada do uso e ocupação da terra entre os anos de 2017 e 2023. Os resultados apresentaram redução da cobertura vegetal ao longo dos anos e aumento nas áreas com solo exposto. Foram analisadas feições erosivas em quatro locais para verificar a influência de fatores geológicos, pedológicos e de precipitação na região. Recomendações para a prevenção e controle da erosão incluem a conservação de espécies vegetais que ajudam a estabilizar o solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Feições erosivas. Movimentos de massa. Uso e ocupação do solo.

## EROSIVE FEATURES IN VARGEM ALTA (ESPÍRITO SANTO, BRAZIL)

**ABSTRACT:** Soil erosion can be intensified by human activities such as deforestation and intensive agriculture. The municipality of Vargem Alta, located in the south of the state of Espírito Santo, faces difficulties due to its geographical characteristics and local economic practices. Erosion processes can result in soil loss, siltation of rivers, nutrient depletion and soil compaction, affecting agriculture and causing damage to society as a whole. They also form erosive features such as furrows, gullies and ravines. The study involved supervised classification of land use

and occupation between 2017 and 2023. The results showed a reduction in vegetation cover over the years and an increase in areas with exposed soil. Erosion features were analyzed in four locations to verify the influence of geological, pedological and precipitation factors in the region. Recommendations for preventing and controlling erosion include the conservation of plant species that help stabilize the soil.

**KEYWORDS:** Erosive features. Mass movements. Land use and occupation.

## 1 INTRODUÇÃO

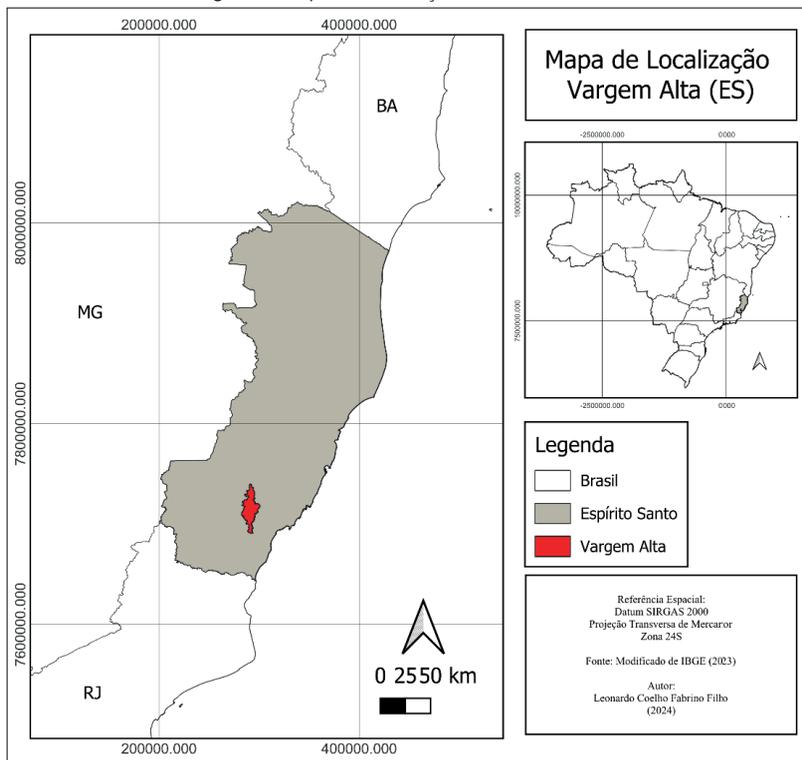
O estado do Espírito Santo é caracterizado por uma formação geológica única, de relevo diversificado e sua proximidade com o Oceano Atlântico que resulta em uma grande variedade de solos. Esses solos capixabas se distinguem não apenas pelas suas características físicas e morfológicas, mas também por suas composições mineralógicas e químicas, influenciadas tanto pelas rochas de origem quanto pelos fatores ambientais presentes durante sua formação (Lima, 2022).

A erosão, um processo natural influenciado por condições climáticas, geomorfológicas, pedológicas e litológicas, é igualmente afetada por atividades humanas. O uso e a ocupação inadequados do solo podem intensificar e acelerar os processos erosivos, desestabilizando o sistema morfodinâmico de uma área (Daniel, Vieira & Martins, 2021).

Dessa forma, quando a vegetação é removida de uma área, o solo fica mais vulnerável a erosão, causada pelo impacto das gotas de água, especialmente durante as chuvas. Isso resulta em movimento de massa no solo e, conseqüentemente, em processos erosivos como sulcos, ravinas e voçorocas (Cardoso & Pires, 2010).

O presente estudo visou analisar o comportamento de feições erosivas em áreas do município de Vargem Alta, situado ao sul do estado do Espírito Santo (Figura 1). Durante o trabalho de campo, foram identificados quatro pontos com expressivas manifestações erosivas.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

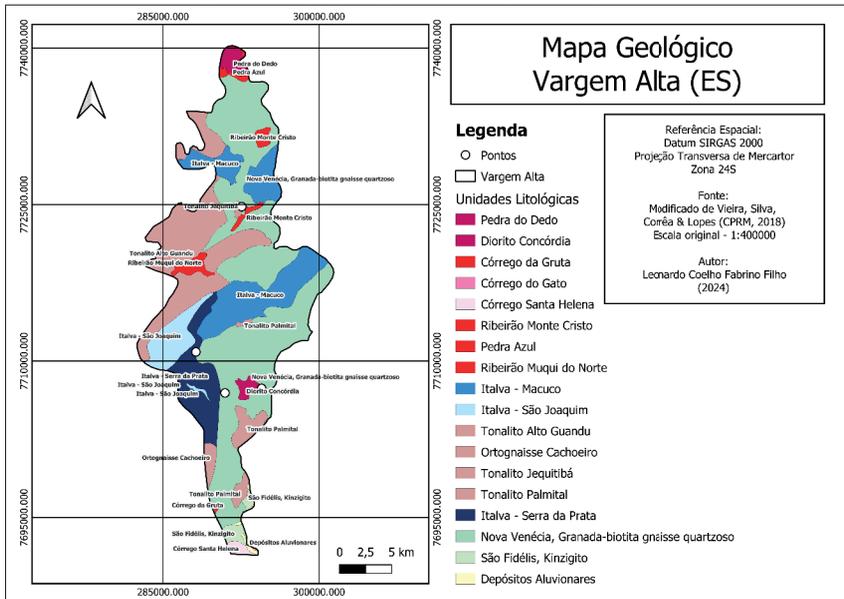


Fonte: Autores (2024).

## 2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nos pontos de estudo, a litologia predominante é composta por rochas do Grupo Itáva, especificamente da Unidade Macuco. Essa unidade é caracterizada por uma sequência vulcano-sedimentar que inclui gnaisses de anfíblio-biotita e gnaisses leucocráticos de biotita, com intercalações de anfíbolitos e rochas calcissilicáticas. Além disso, na porção oeste do município, encontram-se rochas também pertencentes ao Grupo Itáva, porém da Unidade Serra da Prata. Esta unidade é composta por hornblenda-biotita gnaiss, com intercalações de gnaisses cinzentos e leucognaisses de granulação fina (Figura 2) (Moraes et al., 2024, apud Vieira, 2018).

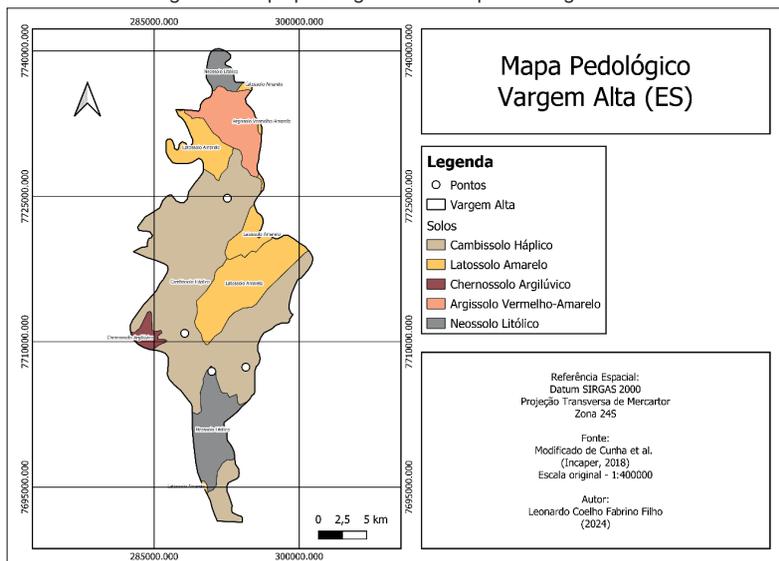
Figura 2 – Mapa geológico do município de Vargem Alta.



Fonte: Modificado de Vieira et al (2018).

Os pontos abordados neste trabalho estão situados em ambientes de cambissolos háplicos e neossolos litólicos (Figura 3), tendo concentrações significativas na área total do município.

Figura 3 - Mapa pedológico do município de Vargem Alta.



Fonte: Modificado de Cunha et al (2018).

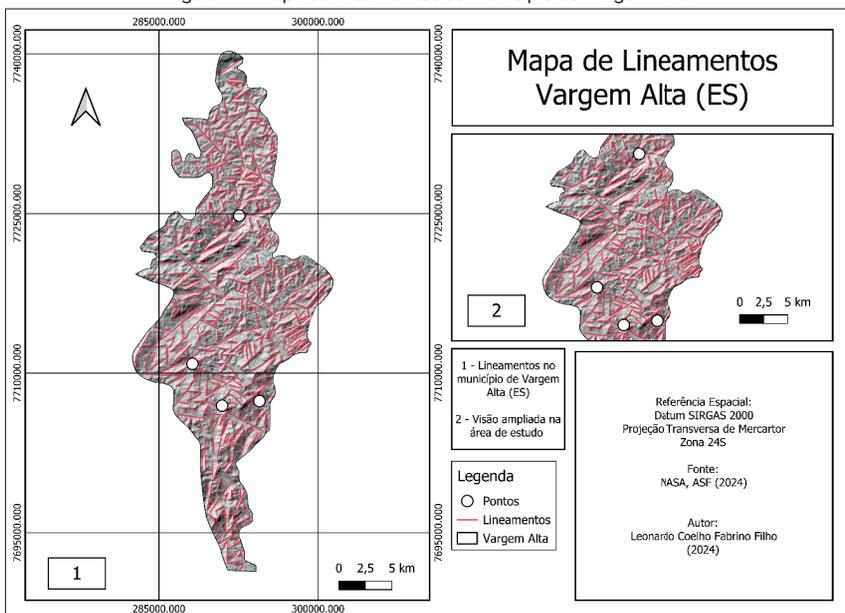
De acordo com a Embrapa (2013), os cambissolos são solos com um horizonte B incipiente, subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Na área de estudo, a subordem e o grupo dos cambissolos são os háplicos tb distróficos, apresentando material argiloso de baixa atividade. Esses solos são geralmente encontrados em terrenos fortemente ondulados ou montanhosos e não possuem um horizonte A húmico. Ademais, sua fertilidade pode variar consideravelmente, e suas principais limitações incluem declives acentuados, baixa profundidade e a presença de pedras no solo (Santos, Zaroni & Almeida, 2021).

Os neossolos são solos pouco desenvolvidos, caracterizados por uma espessura de material mineral e orgânico inferior a 20 cm e sem um horizonte B diagnóstico (Embrapa, 2013). Os neossolos litólicos têm uma profundidade reduzida, com horizontes sobre a rocha geralmente não excedendo 50 cm. Estes solos são frequentemente encontrados em terrenos íngremes, e suas limitações incluem a profundidade limitada, a presença de rochas e as inclinações acentuadas, fatores que dificultam o crescimento das raízes, o uso de maquinaria agrícola e aumentam o risco de erosão (Santos, Zaroni & Almeida, 2021).

A área de estudo está inserida na unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba, que segundo Radambrasil (1983), é caracterizada por um conjunto de relevos que se assemelham a degraus, oferecendo acesso a diferentes níveis topográficos e estes apresentando uma morfologia geralmente uniforme. Dessa forma, são comuns evidências de voçorocamento, escorregamentos e quedas de blocos (Burgos, Fornaciari & Wanderley, 2006).

O patamar oriental situa-se entre o topo do planalto a oeste e as Colinas e Maciços Costeiros a leste, exibindo as características de um grande bloco inclinado para o leste. Este patamar é notável pela presença de sulcos estruturais evidentes, que seguem predominantemente a direção norte-sul, além de falhas menores que se entrecruzam (Figura 4).

Figura 4 – Mapa de lineamentos do município de Vargem Alta.



Fonte: Autores (2024).

Na região de estudo, os lineamentos seguem uma direção preferencial NE-SW. Todavia, é possível identificar um significativo lineamento de comportamento N50°W na porção centro-norte da área de estudo, este denominado Lineamento Píuma, descrito como uma zona de fratura intensa (Lourenço, 2015).

A precipitação média anual no município de Vargem Alta é de 1.594,4 mm, distribuída sazonalmente em dois períodos distintos. O período chuvoso ocorre de outubro a abril, totalizando 1.269,8 mm, o que representa 79,6% da precipitação anual. Já o período menos chuvoso vai de maio a setembro, com um total de 324,5 mm, correspondendo a 20,4% do total anual (Incapet, 2023).

Considerando dados do Incaper (2023), a vegetação predominante em Vargem Alta é originária da Mata Atlântica, cobrindo cerca de 20% do município. Essa vegetação é mais concentrada nas áreas de maior altitude e é composta principalmente por mata secundária e em regeneração, com poucas áreas de mata primitiva.

A economia municipal gira em torno da agricultura e pecuária. Na porção norte do município, sendo caracterizada por terras frias, acidentadas e chuvosas, predominam a fruticultura em geral, o cultivo de café arábica e a olericultura. Na região central, observa-se uma diversificação das atividades, com o cultivo de café arábica e café conilon, além de banana, abacate e turismo rural. A pecuária na área inclui a suinocultura, criação de

aves e, em menor escala, a bovinocultura de corte. No sul do município, destacam-se o cultivo de café conilon, banana, piscicultura e pecuária (Incaper, 2023).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Durante a revisão bibliográfica, foram coletados dados sobre aspectos fisiográficos do município, incluindo geologia, pedologia, geomorfologia (formas do relevo), precipitação e cobertura vegetal.

#### 3.2 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

O método de classificação supervisionada foi aplicado usando o complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) no *software* QGIS, versão 3.36. O SCP utiliza polígonos previamente realizados pelo usuário durante uma demarcação de treinamento. A partir disso, o algoritmo do complemento identifica outras regiões semelhantes, classificando as demais áreas da imagem.

Para este trabalho, foram consideradas cinco classes de polígonos, a saber: Corpo hídrico; Área urbana; Agricultura (café e pastagem); Solo exposto; Vegetação nativa. As imagens do satélite Sentinel-2, com resolução de 10 metros, serviram como base para a classificação das classes mencionadas. Foram utilizadas imagens dos anos de 2017, 2019, 2021 e 2023.

#### 3.3 ATIVIDADE DE CAMPO

Durante o trabalho de campo em Vargem Alta, foram realizadas fotografias aéreas utilizando *drone* modelo DJI Mini 2, e a descrição fisiográfica dos pontos observados. Nesse processo, foram identificadas diversas feições erosivas com potencial de risco. Dessa forma, foram selecionados quatro pontos com distintas expressões erosivas. Essas distinções podem estar associadas ao formato da erosão, ao tipo de movimentação de massa ou aos aspectos fisiográficos presentes.

#### 3.4 CONFECÇÃO DE MAPAS

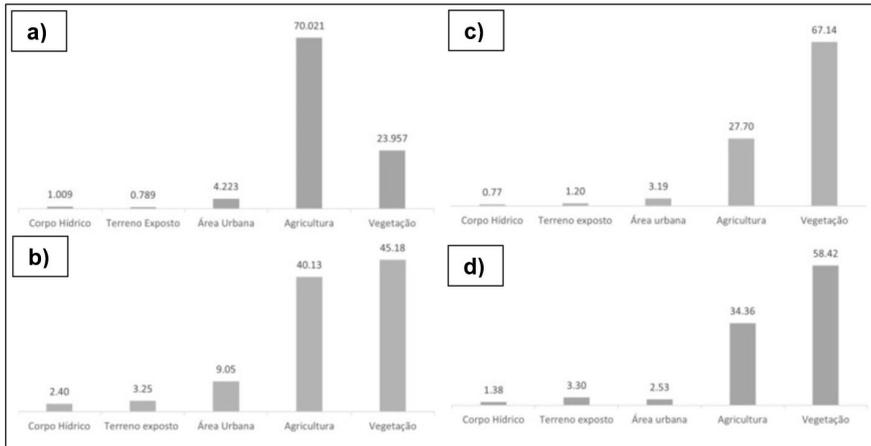
Após a realização da atividade de campo, as descrições obtidas foram interpretadas em conjunto com arquivos matriciais e vetoriais que abordam as características fisiográficas do município de Vargem Alta, por meio do *software* QGIS 3.36. A partir disso, foram confeccionados os mapas: Mapa de Localização (IBGE, 2023); Mapa Geológico (CPRM, 2018) e Mapa Pedológico (Cunha et al, 2018).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A classificação supervisionada permitiu analisar características fisiográficas do município. É importante ressaltar que os dados gerados são de interpretação dos autores deste trabalho (Figura 5).

Figura 5 – Gráficos com resultados da classificação supervisionada realizada para os anos considerados, sendo: a) 2017; b) 2019; c) 2021; d) 2023.



Fonte: Autores (2024).

O ano de 2017 (Figura 5-a) revela que a vegetação natural cobre significativa parte do território de Vargem Alta, com destaque para a Mata Atlântica. A classe de agricultura, considerando café e pastagem, representa aproximadamente 70% do município, sendo a principal atividade agrícola a cafeicultura (Incaper, 2023). A área urbana ocupa cerca 4,2% do território municipal. A classe dos corpos hídricos representa cerca de 1% da área total do município. As áreas com solo exposto ocupam 1,1% do território, sendo este um indicador de degradação ambiental.

Em 2019 (Figura 5-b), o gráfico mostra as áreas cobertas pela vegetação nativa (45,18%) e agricultura (40,13%) sendo predominantes, representando 85,31% da área total do município. Há um aumento nas áreas relativas a solo exposto (3,25%). As classes de corpos hídricos e área urbana tiveram um aumento devido a influência de nuvens na imagem de satélite que influenciaram nos resultados destas. Isso se justifica devido que as cores refletidas destas classes nas bandas espectrais utilizadas são semelhantes à coloração das nuvens, prejudicando na identificação (Quartaroli & Batistella, 2006).

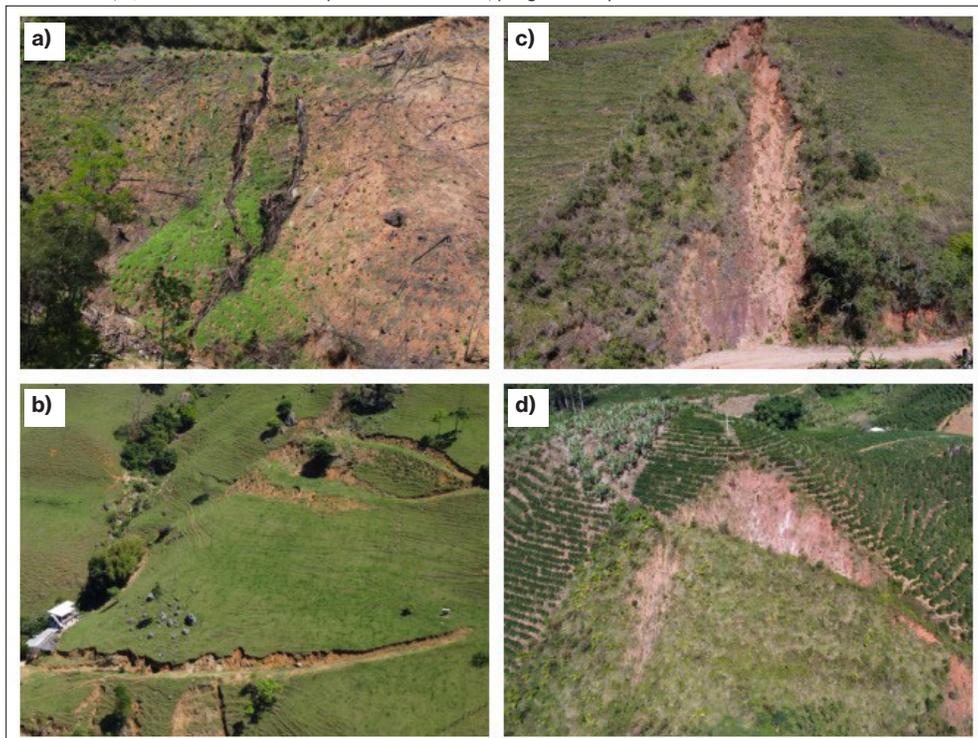
No ano de 2021 (Figura 5-c) se mantém a tendência dos anos anteriores, com a vegetação (67,14%) e agricultura (27,70%), representando aproximadamente 94,8% do município. As áreas de solo exposto diminuíram. A menor porcentagem da área urbana comparada com o ano de 2017 (onde não houve interferência de nuvens) pode ser inferida pelo crescimento da vegetação mais densa, que na imagem de satélite sobrepõe as estradas.

Por fim, o ano de 2023 (Figura 5-d) mantém o padrão dos anos anteriores em relação à vegetação (58,42%) e agricultura (34,36%), representando aproximadamente 92,8% do município. As áreas de solo exposto aumentaram consideravelmente (3,30%).

## 4.2 DESCRIÇÃO DOS PONTOS

Durante a etapa de campo, foram observados quatro pontos que apresentavam significativas feições erosivas (Figura 6). A partir disso, foram realizadas descrições fisiográficas.

Figura 6 – Pontos com feições erosivas, sendo: a) Processo de ravinamento progredindo para voçoroca; b) Deslizamento em cunha com sulcos progredindo para ravinas; c) Conjunto de feições erosivas em processo de ravinamento; d) Erosão laminar acompanhada de sulcos, progredindo para ravinas.



Fonte: Autores (2024).

No primeiro ponto (Figura 6-a) foi observado um processo de ravinamento progredindo para a formação de voçorocas. Verifica-se que nesta área havia uma plantação de eucaliptos, que logo após o plantio, sofreu queimada. O talude tem uma elevada inclinação. Estas condições associadas à concentração de água oriunda da porção superior do talude tornam propício o desencadeamento de sulcos que podem progredir para voçorocas.

No segundo ponto (Figura 6-b) é possível considerar um conjunto de feições erosivas marcadas por sulcos progredindo para ravinas. Verificou-se ao centro da imagem uma drenagem natural. Tanto a direita quanto a esquerda desta podem ser observados degraus de abatimento promovidos pela pisada de animais. Estes degraus de abatimento podem tornar-se rastejos que evoluem para ravinas e sulcos.

Posteriormente, verifica-se um deslizamento em cunha evidenciado por dois planos preferenciais (Figura 6-c). Possivelmente, trata-se da presença de estruturas reliquias da rocha no maciço terroso, como cita Moreira & Pires (2022). Observou-se que houve um deslizamento de grande monta e posteriormente instalou-se um processo erosivo nessa feição, onde há grande quantidade de material mobilizado e surgimento de sulcos, progredindo para uma ravina.

O quarto ponto (Figura 6-d) indica um deslizamento planar de grande monta. Além disso, é notado um processo erosivo instalado no talude onde houve o deslizamento. As expressões erosivas incluem sulcos, progredindo para ravinas. Ademais, cabe destacar que o talude em questão possui uma inclinação elevada e a vegetação aparenta ter sido reconstituída naturalmente devido a lavoura de café em torno da massa movimentada.

## 5 DISCUSSÃO

A análise integrada dos aspectos fisiográficos e de uso e ocupação do solo no município de Vargem Alta revela uma interação de fatores que contribuem para o surgimento e a evolução das feições erosivas.

Os cambissolos, sendo predominante na área de estudo, possuem baixa profundidade. Neossolos também são pouco desenvolvidos e estão frequentemente associados a terrenos íngremes. Com isso, o comportamento raso destes solos facilita movimentos de massa principalmente quando o ambiente se encontra desprotegido de vegetação (Santos, Zaroni & Almeida, 2021).

O estudo indicou lineamentos com predominância de orientação na direção NE-SW, revelando um relevo bastante acidentado e fraturado. Esse comportamento geomorfológico fragiliza o solo, tornando-o mais suscetível à erosão e facilitando o

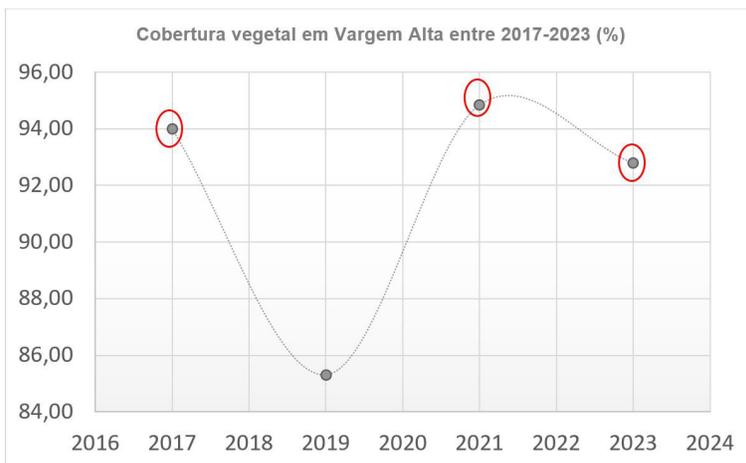
escoamento da água. A água que percorre nas fraturas pode enfraquecer ainda mais o maciço terroso e ocasionar movimentos de massa, especialmente em períodos de chuvas intensas.

A pluviosidade elevada, característica do clima Cfb da região, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Incaper, 2023), intensifica o processo erosivo. Os maiores índices pluviométricos, principalmente nos meses de verão, aumentam o escoamento superficial, o que pode levar a formação de novas expressões erosivas.

Para realizar a classificação supervisionada de uso e ocupação do solo foram encontrados empecilhos. Estes devido a interferência de nuvens na imagem de satélite ou devido a classificação mais generalista do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* nas classes com similaridades espectrais de vegetação nativa e a agricultura.

Todavia, quando somadas os valores das duas classes, há uma variação mínima nos anos de 2017 (94%), 2021 (94,9%) e 2023 (92,8%) (Figura 7). A queda no percentual relativo ao ano de 2019 se justifica pela interferência de nuvens, que acabaram por aumentar a porcentagem de outras classes, como área urbana e corpos hídricos, e reduzindo os valores das classes que envolvem a cobertura vegetal. Com isso, o ano de 2019 não foi considerado.

Figura 7 – Variação de cobertura vegetal na área de estudo.



Fonte: Autores (2024).

Em relação ao percentual de terreno exposto (Figura 8), verifica-se acréscimo entre os anos de 2017 e 2021, seguido por um novo aumento em 2023. Este último sendo o pico registrado nesse estudo. Novamente, o ano de 2019 não foi considerado.

Figura 8 – Variação de terreno exposto na área de estudo.



Fonte: Autores (2024).

Apresenta-se neste momento, os possíveis motivos para a variação de terreno exposto:

- Práticas agrícolas: A intensificação da agricultura, com a expansão das áreas de cultivo e a redução das áreas de pastagem, pode ter contribuído para o aumento do solo exposto em alguns anos. Práticas como o desmatamento, a aração e a gradagem podem deixar o solo mais vulnerável à erosão.
- Intensidade das chuvas: O alto índice de precipitação em um único dia ou mês pode potencializar a erosão em solos rasos e desprotegidos, especialmente em áreas com declividade acentuada.

## 6 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a ocorrência de feições erosivas em Vargem Alta (ES), identificando as relações entre estas e os componentes geológicos, pedológicos e pluviométricos do município.

O perfil do cambissolo, este sendo predominante no município, mostra um solo mal desenvolvido, assim como os neossolos. Ademais, os lineamentos presentes que refletem um comportamento de um relevo acidentado, induz a ação de movimentos de massa, por meio da reativação de falhas e fraturas. Estas também sendo facilitadores para o escoamento de água que podem acarretar a progressão de feições erosivas como sulcos para ravinas ou voçorocas.

As implicações práticas sugerem que ocorre na área um processo de erosão acelerado por ações antrópicas, principalmente quanto a práticas agrícolas e pecuárias.

Dessa forma, tecendo sugestões aos atores da comunidade, sugere-se para o controle da erosão a intensificação do plantio e manutenção de espécies vegetais nativas ou de gramíneas para a recuperação de áreas degradadas. Estas auxiliam a proteger o solo contra a ação erosiva devido às suas raízes mais profundas que podem trazer mais estabilidade ao maciço terroso.

Os resultados demonstram a necessidade de pesquisas futuras, com diferentes abordagens técnico-científicas, para identificar outros fatores que influenciam o surgimento e evolução de feições erosivas.

## REFERÊNCIAS

BURGOS, C. D.; FORNACIARI, A.; WANDERLEY, C. T. **Caracterização dos patamares escalonados do sul capixaba com enfoque no estudo do processo de esfoliação em rocha (Espírito Santo-Brasil)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4., 2006.

CARDOSO, R. S. B.; PIRES, L. V. **Voçorocas: processos de formação, prevenção e medidas corretivas**. Acesso em, v. 21, 2010.

CUNHA, A. M.; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F. S.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do estado do Espírito Santo e implementação de interface no Geobases para uso dos dados em SIG, 2016. **Revista GEONORTE**, v. 2, n. 22, 2021.

DANIEL, E.; VIEIRA, B. C.; MARTINS, T. D. Análise dos processos erosivos e deposicionais utilizando o modelo SIMWE (Simulated of Water Erosion). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. e185794-e185794, 2021.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2020-2023**. Vargem Alta, 2023. Disponível em: [https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Vargem\\_Alta.pdf](https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Vargem_Alta.pdf). Acesso em: 15 jun. 2024.

LIMA, J. F. V. de. Fisiografia da região média da bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES. 2021. 131 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alegre, 2021.

LOURENÇO, F. S. O lineamento Piúma: características gerais e história evolutiva no cenário tectônico da Província Mantiqueira Setentrional e margem continental. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 172 p. 2015.

Moraes C. C. M. de et al. Carta geotécnica de aptidão à urbanização: Vargem Alta, ES. **CPRM**. 2024.

MOREIRA, E.; PIRES, P. M. Análise geotécnica do perfil de solo residual de granitoides no município de Alegre (ES). **Geotecnia (Lisboa)**, v. 1, p. 77-104, 2022.

QUARTAROLI, C. F.; BATISTELLA, M. **Classificação digital de imagens de sensoriamento remoto: tutorial básico**, 2006.

RADAMBRASIL. Folha S.F. 23/24 - Rio de Janeiro / Vitória. **Levantamento de Recursos Minerais**. Rio de Janeiro: MME-SG, v. 32, 775 p. 1983.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. **Neossolo Litólico**. Embrapa Solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolos-litolicos>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. **Cambissolo Háptico**. Embrapa Solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/cambissolos/cambissolos-haplicos#:~:text=S%C3%A3o%20solos%20de%20fertilidade%20natural,pedras%20na%20massa%20do%20solo>. Acesso em: 01 jul. 2024.

VIEIRA, V. S.; SILVA, M. A.; CORRÊA, T. R.; LOPES, N. H. B. **Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM, 2018. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/15564>. Acesso em: 10 jun. 2024.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Alireza Mohebi Ashtiani** possui graduação em bacharelado em Matemática, Matemática Aplicada, pela Amirkabir University of Technology (Polytechnic of Tehran), Teerã/Irã (2003), mestrado em Matemática Aplicada pelo Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan/Irã (2005) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) na área de Automação (2012). Foi bolsista de Pós-doutorado Júnior do CNPq no Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC/UNICAMP) e bolsista de Pós-doutorado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) na Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (FCA/UNICAMP). Desde 2013 é docente vinculado ao Departamento Acadêmico de Matemática do Campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), e atualmente, docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da UTFPR, Campus Cornélio Procopio.

Alireza Mohebi Ashtiani

<http://lattes.cnpq.br/5025709771742662>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultural land consolidation 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63

### B

Boundary conditions 64, 65, 69, 70, 72, 74, 80, 81

### C

Climatología 100, 102, 109, 110

Convolución 85, 86, 89, 92, 94, 98

### D

Danos 15, 16, 27

Deslizamentos 15, 16, 18, 19, 20, 21, 24

Difracción 85, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99

### E

Effective diffusivity 65, 66, 67, 69, 79, 82

Espacial 33, 39, 87, 88, 100, 102, 109, 110

### F

Feições erosivas 1, 2, 7, 9, 10, 12, 13

Fresnel convergente y divergente 85, 86, 87, 91, 93, 94, 96

Fulguración 100, 102, 104, 106, 109

### G

Geotecnia 13, 15, 26

### H

Hollow spherical foods 65, 81

### I

Inundação urbana 27, 38, 39

Ionosonda 100, 104

## L

Land market 56, 57, 60, 61, 62

## M

Magnetómetro 100

Mass diffusion 65

Mathematical model 64, 65, 66, 81, 86

Metodologia 7, 17, 27, 31, 36, 37, 50, 65

Movimentos de massa 1, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 20, 23, 24

## P

Paleocanais 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54

## Q

Quaternário 47, 48, 50, 52, 53, 54

## R

Rent regulation 56

Republic of Kalmykia 56, 61, 63

Riometro 100, 107, 108, 109, 110

Risco 5, 7, 20, 26, 27, 28, 30, 33, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 45

Riscos geológicos 15

Russia 56, 57, 58, 59, 62, 63

## S

Simulación computacional 85, 86, 95, 96

Sísmica de alta resolução 47

Sol 100

## U

Uso e ocupação do solo 1, 10, 11, 36

## V

Variações Eustáticas 47, 48, 49, 52, 53, 54