

Potencialidades de imagens de alta resolução na identificação de feições erosivas em perímetros irrigados do semiárido brasileiro

Potential of high-resolution images in identifying erosion features in irrigated perimeters in the Brazilian semi-arid region

Potencial de las imágenes de alta resolución para identificar características de erosión en perímetros irrigados en la región semiárida brasileña

Sidney Walison Santos da Silva ¹, Maria Rita Monteiro de Lima ², Renilson Pinto da Silva Ramos ³, Kleber Carvalho Lima ⁴

¹ Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental, Garanhuns, Brasil. sidney.walison@upe.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5734-4026>

² Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental, Garanhuns, Brasil. mariarita.lima@upe.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4915-3306>

³ Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Ceará, Brasil. renilsonr5@hotmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3209-514X>

⁴ Universidade de Pernambuco (UPE), Departamento de Geografia, Campus de Garanhuns-PE, Brasil. E-mail: kleber.carvalho@upe.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9468-2473>

Recebido: 12/11/2024; Aceito: 17/12/2024; Publicado: 26/12/2024.

Resumo: O avanço das atividades antrópicas no semiárido intensificam fenômenos naturais, como os processos erosivos, desencadeando em perímetros agrícolas fenômenos socioambientais agravantes à população que necessita da agricultura para sobreviver. Tornando-se necessários estudos através das técnicas de fotogrametria que possibilitem a identificação de áreas com maiores suscetibilidades ao surgimento das feições erosivas. Objetiva-se assim, atestar a eficiência e potencialidade dos produtos de alta resolução para detecção dos fenômenos de gênese erosiva no semiárido. Foram destacados aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica Baixo do Limão Bravo para compreender a dinâmica da área, como também foram utilizados produtos de alta resolução do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D) derivados de sensores LiDAR e elaborados mapas que permitiram identificar setores que indicaram maiores incidências dos processos erosivos em distintos setores da bacia. Assim, considera-se que a metodologia no contexto de perímetros agrícolas demonstrou potencialidades para monitoramento e identificação de feições lineares, permitindo estratégias de planejamento para recuperação e preservação de áreas agrícolas.

Palavras-chave: Perímetros irrigados; Feições erosivas; Imagens de alta resolução.

Abstract: The advance of anthropogenic activities in the semi-arid region intensifies natural phenomena, such as erosion processes, triggering socio-environmental phenomena in agricultural perimeters that are aggravating for the population that needs agriculture to survive. This makes it necessary to use photogrammetry techniques to identify areas that are more susceptible to erosion. The aim is to test the efficiency and potential of high-resolution products for detecting erosion

phenomena in the semi-arid region. Physiographic aspects of the Baixo do Limão Bravo watershed were highlighted in order to understand the dynamics of the area. High-resolution products from the Three-Dimensional Pernambuco Project (PE3D) derived from LiDAR sensors were also used, and maps were drawn up which enabled the identification of sectors which indicated greater incidences of erosive processes in different sectors of the watershed. It is therefore considered that the methodology in the context of agricultural perimeters has demonstrated its potential for monitoring and identifying linear features, enabling planning strategies for the recovery and preservation of agricultural areas.

Keywords: Perimeters for irrigation; Erosive features; High-resolution images.

Resumen: El avance de las actividades humanas en la región semiárida intensifica fenómenos naturales, como procesos de erosión, desencadenando fenómenos socioambientales en las zonas agrícolas que agravan a la población que necesita de la agricultura para sobrevivir. Son necesarios estudios mediante técnicas de fotogrametría que permitan identificar áreas con mayor susceptibilidad a la aparición de rasgos erosivos. El objetivo es comprobar la eficacia y el potencial de los productos de alta resolución para detectar fenómenos de erosión en la región semiárida. Se destacaron aspectos fisiográficos de la cuenca de la Baixo do Limão Bravo para comprender la dinámica del área, así como productos de alta resolución del Proyecto Tridimensional de Pernambuco (PE3D) derivados de sensores LiDAR y mapas elaborados que permitieron identificar sectores que indicaban mayor incidencias de los procesos erosivos en diferentes sectores de la cuenca. Así, se considera que la metodología en el contexto de perímetros agrícolas demostró potencial para monitorear e identificar rasgos lineales, permitiendo planificar estrategias para la recuperación y preservación de áreas agrícolas.

Palabras clave: Perímetros irrigados; Características erosivas; Imágenes de alta resolución.

1. Introdução

A região semiárida nordestina possui características únicas referentes as interações entre o natural e o antrópico, e como consequência está sujeita a intensificação dos processos de degradação, que já ocorrem a partir de uma predisposição natural. Rafaeli, Nahlieli e Svoray (2023), consideram que a erosão hídrica é a principal forma de degradação dos solos nos ambientes semiáridos, e traz consequências anuais de perdas de bilhões de dólares, e segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2021), 35% das terras agrícolas do mundo encontram-se em processo de degradação. No contexto semiárido pernambucano, Lima et al. (2023) evidenciaram a pressão de atividades antrópicas sobre os solos, intensificando processos de degradação a níveis acentuados, tornando complexas a recuperação destas áreas.

Como apontado pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco (SEMAS, 2020), a região do semiárido pernambucano enfrenta grande suscetibilidade aos processos de degradação da terra. Além disso, observou-se uma grande mudança socioespacial referente a implementação de grandes empreendimentos na região do Submédio São Francisco pernambucano, o que corroborou com a intensificação da degradação do solo. A partir dessas questões, torna-se necessária a identificação de setores propícios aos processos erosivos, de maneira a contribuir com estratégias de mitigação aos processos de degradação.

Desta forma dentro do contexto de discussões internacionais, o avanço da capacidade de identificação desses fenômenos vem se tornando cada vez mais relevante no mundo. Os avanços tecnológicos recentes têm possibilitado o desenvolvimento de técnicas de visualização e interpretação de imagens obtidas por meio do sensoriamento remoto, ampliando a capacidade de identificação de feições erosivas (Cook, 2017; Dabski et al., 2017; Abdelkareem; El-Din; Osman; 2018; Kim et al., 2019). A utilização de produtos de altíssima resolução, apesar de escassas no contexto pernambucano, demonstram resultados de análise precisos, que permitem a adoção de subsídios de recuperação ambiental (Lima et al., 2023).

Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar a eficácia e apontar as potencialidades de imagens de alta resolução na identificação e análise de feições erosivas lineares no semiárido, com foco em áreas de agricultura irrigada. Neste quesito, foi selecionada como unidade espacial a bacia hidrográfica Baixo do Limão Bravo, localizada no perímetro irrigado em Petrolândia – PE, como forma de contribuir com ações de gestão, recuperação e planejamento ambiental.

2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Petrolândia-PE, município pertencente à região de Desenvolvimento de Itaparica (SEMAS, 2020). O clima é semiárido com precipitações em torno de 528 mm/ano e temperatura média anual em torno de 24°C (APAC, 2023).

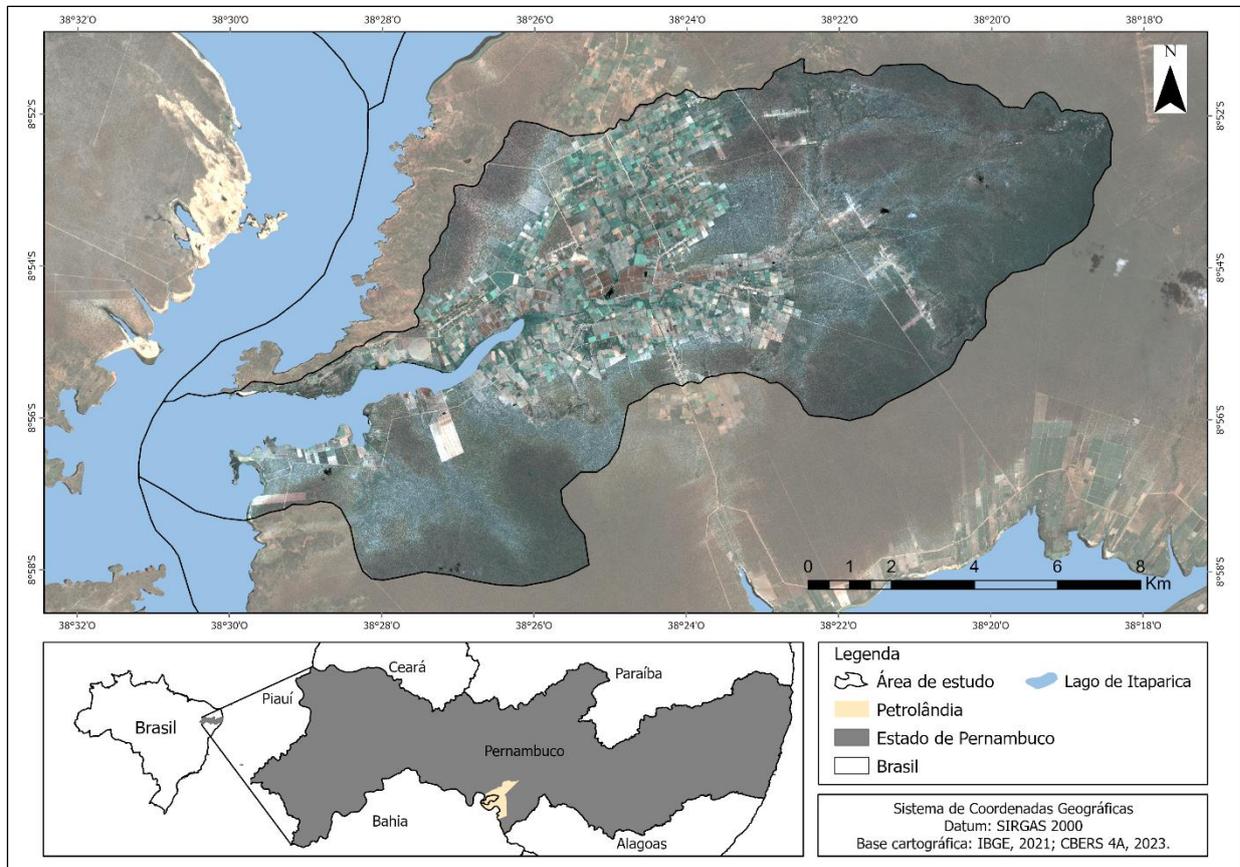


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica Baixo do Limão Bravo – Petrolândia (PE). **Fonte:** Autores (2024).

A geologia é composta por rochas do Paleozoico ao Cenozoico folhelhos, argilitos e siltitos vermelhos a roxo da Formação Aliança; por areia média a grossa dos depósitos Colúvio-Eluviais; e areia fina a média e argila, inconsolidados a semiconsolidados dos Depósitos Aluvionares (Morais et al., 2018).

Sobre o relevo, desenvolveu-se vasta superfície de aplainamento, com altitudes entre 314 e 333 metros, situadas no Planalto do Jatobá, inseridas nas Chapadas de Tonã e Serra Talhada (IBGE, 2023). Conforme Dias (2004), a área engloba os Neossolos Quartzarenicos que possuem baixos níveis de fertilidade natural e textura arenosa, tornando-se suscetível aos processos erosivos, e os Vertissolos Háplicos, que apresenta taxas mais elevadas de fertilidade e comportamento hídrico diverso (Castro; Hermani, 2015; Silva; Silva; Cavalcanti, 2005).

2. Materiais e Métodos

Os procedimentos técnicos adotados neste estudo foram semelhantes aos executados por Pontes et al. (2019), WEIS et al. (2022) e Lima et al. (2023) através de dados LiDAR, provenientes do projeto PE3D disponibilizado pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Através do Modelo Digital de Terreno (MDT), foram extraídos produtos que possibilitaram analisar a superfície do perímetro agrícola, como também foi utilizado a ortofotografia (Figura 2) para a análise do potencial destes produtos para a identificação de feições erosivas lineares em perímetros irrigados.

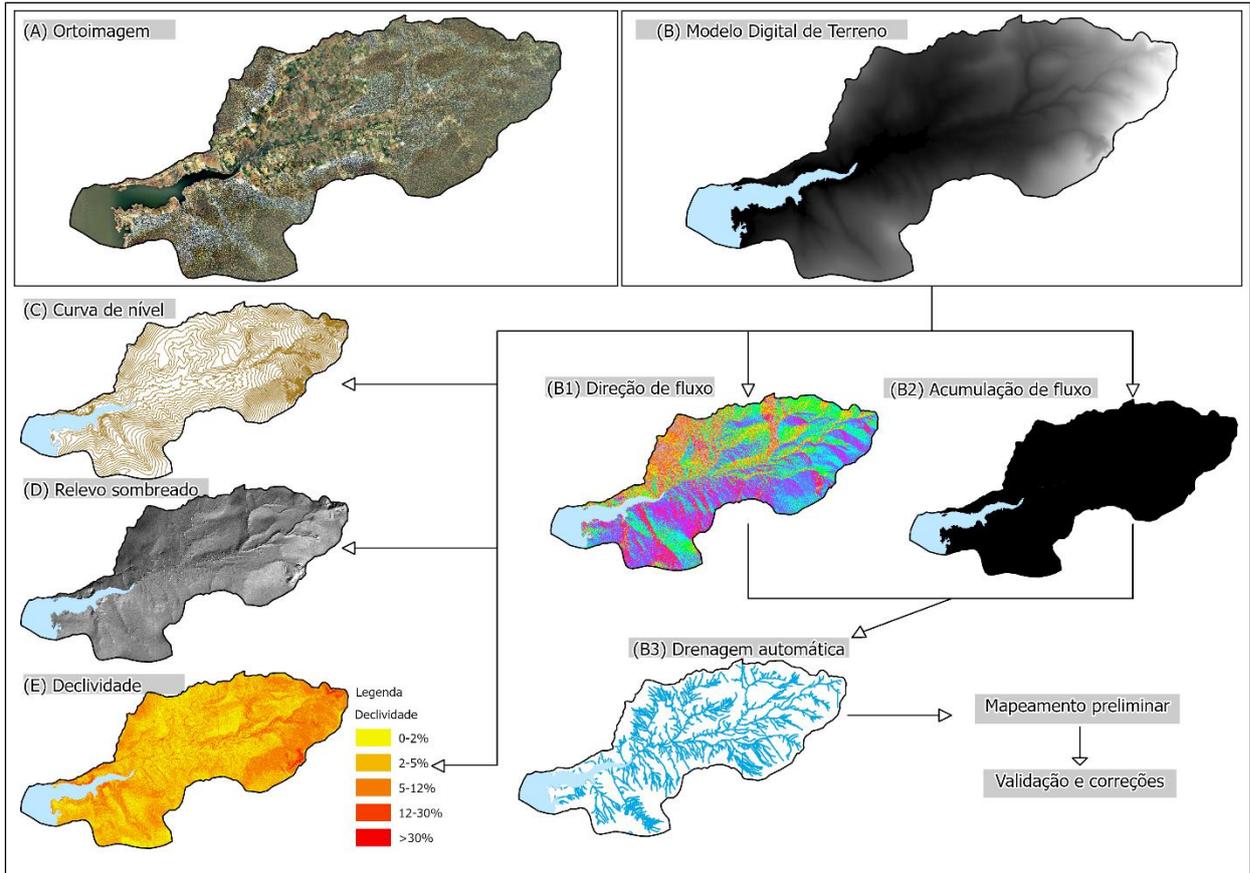


Figura 2. Fluxograma Metodológico. Fonte: Autores (2024).

Para a identificação de incisões erosivas utilizou-se produtos derivados do MDT, inicialmente empregado através da ferramenta Fill no software ArcGis Pro 3.3.2 para o preenchimento de falhas, o que possibilitou a correção de imperfeições, para a consistência dos próximos produtos (Dietrich et al., 2019).

As etapas seguintes, consistiram na geração dos produtos B1 e B2 (Figura 3), para a direção do fluxo, adotou-se o método D8, tal método direciona a massa d'água de um pixel para a receptora de inclinação mais íngreme (Nardi et al., 2008). Para o fluxo de acumulação, adaptou-se a proposta de Dietrich et al. (2019), extraindo valores máximos referentes às áreas de cultivo e de solo exposto/vegetação degradada, como também, no contexto geral da bacia foi utilizado para geração das drenagens automáticas, com resolutiva de verificação da direção e presença de feições de fluxo, para averiguação de incisões erosivas.

Os produtos C, D e E (Figura 2), serviram como produtos auxiliares na análise através da sobreposição. No que diz respeito à declividade, adotou-se para a área relativamente aplainada de semiárido (Figura 3) padrões de declividade adaptadas de Young (1972), apresentado por Lima (2012), com o intuito de melhor possibilidade de identificação de características erosivas lineares nessas regiões, sendo dividida em 5 intervalos, os dois primeiros intervalos, 0-2% e 2-5%, representam áreas planas suscetíveis à erosão, o intervalo de 5-12% indica relevo suavemente ondulado, sendo 12% o limite para o desenvolvimento de áreas agrícolas e 30% o limite para urbanização.



Figura 3. Imagem panorâmica da bacia Baixo do Limão Bravo. **Fonte:** Autores (2022).

Foram utilizados parâmetros definidos por Petsch et al. (2022) e Schwarz et al. (2023), que recorreram através da fotointerpretação, diretrizes como formas, tonalidades, texturas e sombras, para realizar o levantamento cartográfico e criar um inventário dos processos erosivos lineares. Além disso, posteriormente ao mapeamento foi realizado trabalho de campo no ano de 2022, com o objetivo de verificar a veracidade dos dados gerados.

3. Resultados

A partir da análise dos dados extraídos, foi possível observar o fluxo de drenagem sobre as incisões erosivas (Figura 4), porém como apontado por Nardi et al. (2008), áreas planas apresentam complexidades para caracterização do padrão de drenagem, verificou-se irregularidades de captura a partir da ambiguidade gerada pela topografia quase uniforme da área.

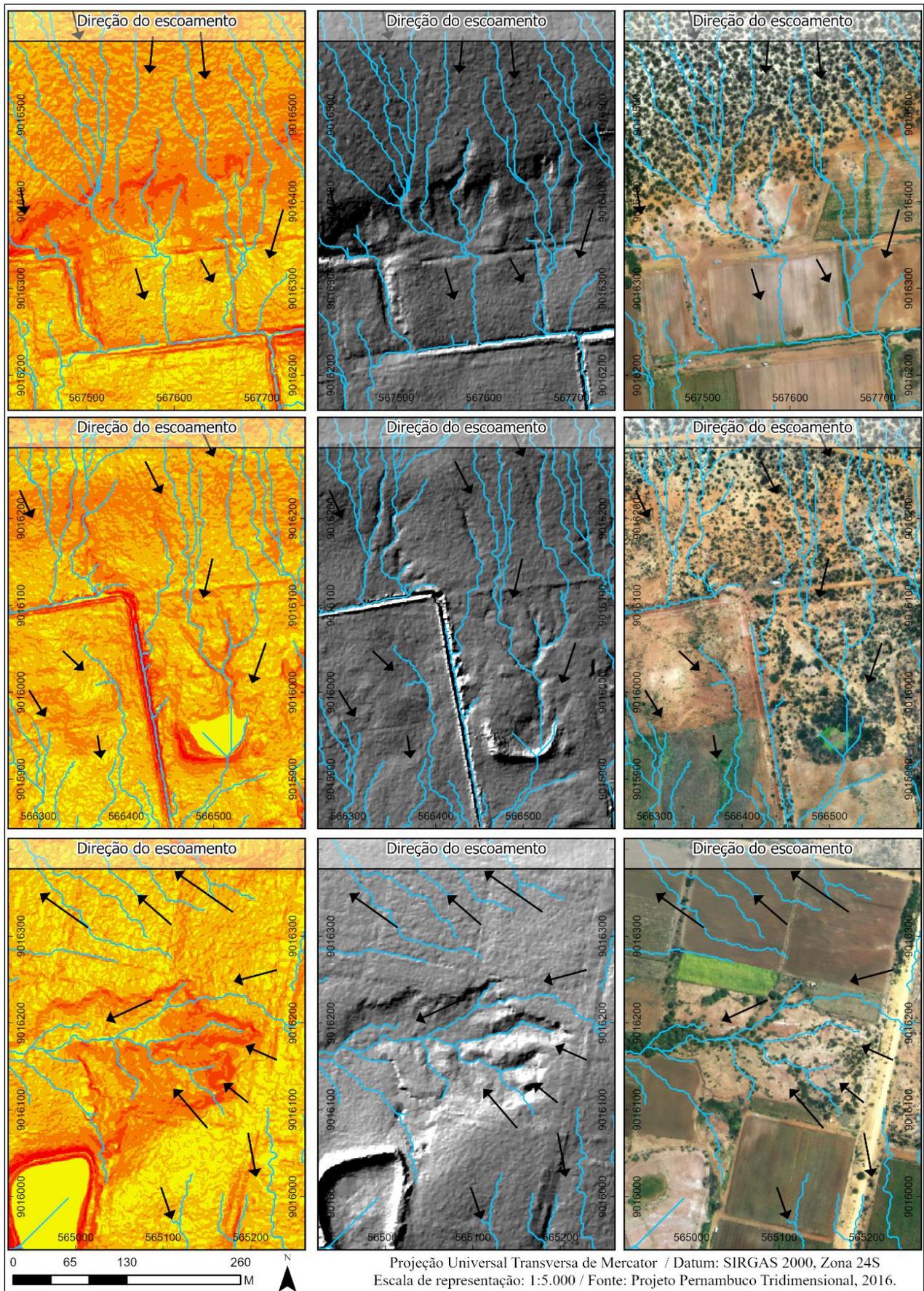


Figura 4. Direções de fluxo de drenagem da bacia Baixo do Limão Bravo Fonte: Autores (2024).

Como apontam Weis et al., 2022, os algoritmos utilizados absorvem canais de drenagem, como também incisões erosivas, pois servem como redes de captação, transporte e deposição. A partir desta problemática, tornou-se necessária a identificação de setores mais propícios aos processos erosivos, apontando pontos em áreas de cultivo e de solo exposto/vegetação degradada, com maior recepção do fluxo a montante (Figura 5). E a partir destes pontos, verificou-se na área de contribuição do fluxo, a incidência de características erosivas e notou-se a intensificação do escoamento superficial pela escassa cobertura vegetal presente nos locais expostos, refletindo na suscetibilidade erosiva do terreno.

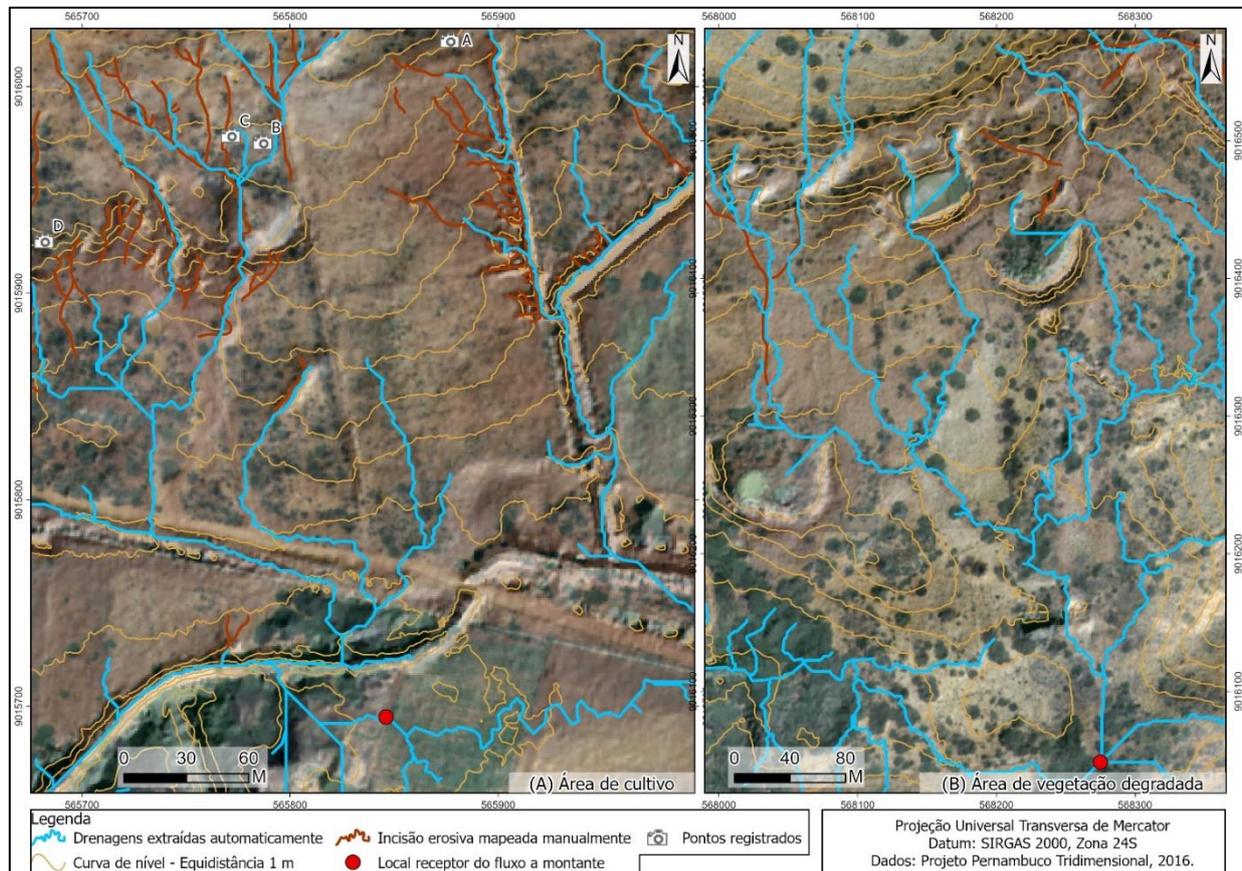


Figura 5. Escoamento e incisões erosivas associadas da bacia Baixo do Limão Bravo. Fonte: Autores (2024)

Através do mapeamento, obteve-se no contexto geral da bacia hidrográfica, 291 incisões mapeadas, observadas principalmente no contexto do médio e baixo curso da bacia (Figura 6). No médio curso, a concentração das feições erosivas foi localizada predominantemente em áreas amplamente antropizadas, o uso intensivo da terra para rotação de culturas sem o tempo adequado de pousio, é uma das principais causas para a intensificação e surgimento dos processos erosivos (Rahmati, et al. 2017). E acarreta em problemáticas socioeconômicas, tendo em vista que de acordo com o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017) a área agrícola estudada, constituiu-se em sua maior parte como de base familiar.

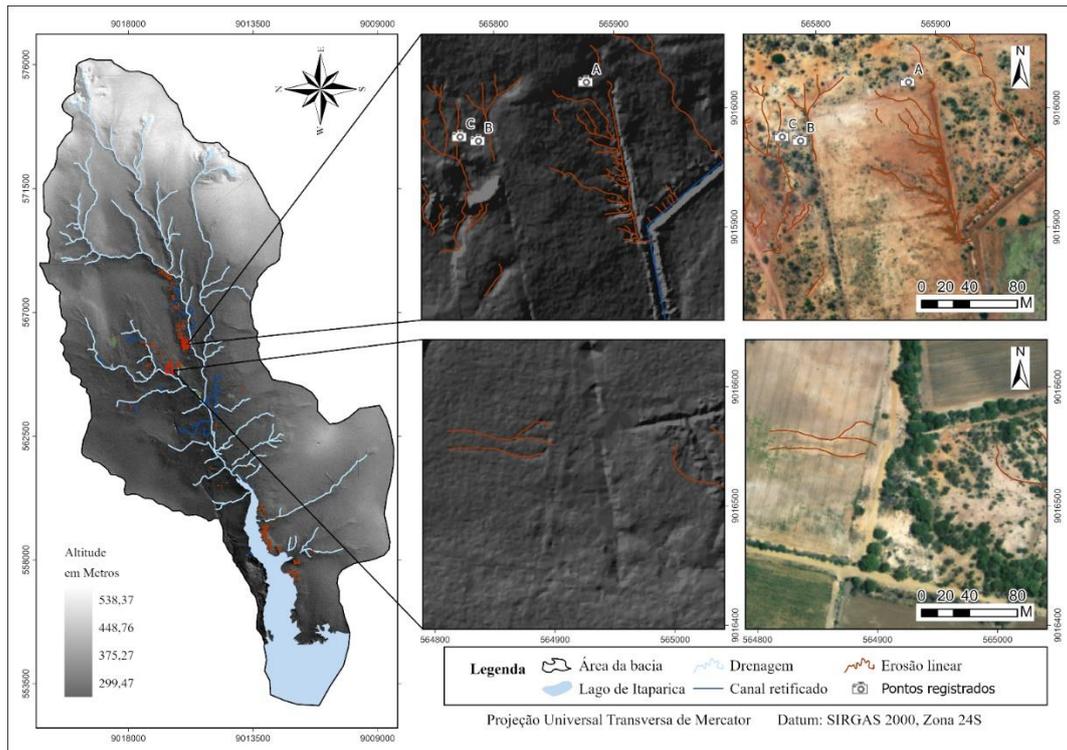


Figura 6. Inventário erosivo linear da bacia Baixo do Limão Bravo. Fonte: Autores (2024).

Verificou-se potencial para a identificação das incisões erosivas no contexto de agricultura irrigada, se observando a vulnerabilidade dos terrenos quando em solo exposto ou em classe agrícola sem cobertura vegetal suficiente para proteção dos solos. E a partir de campo realizado em 2022, confirmou-se a presença das feições mapeadas preliminarmente através dos dados LiDAR e foi possível confirmar o alto grau de estágio das erosões lineares (Figura 7).



Figura 7. Incisões erosivas registradas em campo na bacia hidrográfica Baixo do Limão Bravo. Fonte: Autores (2022)

Na bacia hidrográfica estudada, observou-se que a retirada da vegetação para a substituição de cultivos temporários e/ou criação de caprinos, intensificaram a pré-disposição natural da área aos processos erosivos, com grande concentração das feições incisivas em setores com solo exposto, como também foi possível observar grande quantidade de fragmentos expostos no interior das erosões, além de áreas extensas de pavimento detrítico, o que corrobora com o potencial do escoamento superficial destas áreas.

Ainda, foi possível identificação do surgimento de feições erosivas em estágios avançados de evolução em áreas que não haviam sido previamente mapeadas. Ou seja, a utilização dos produtos de altíssima qualidade, possibilitaram a identificação de incisões já presentes, como também a identificação de setores propícios para a degradação, o que possibilita medidas conservacionistas de manejo, visando a diminuição do impacto e sua recuperação.

4. Conclusões

A utilização de imagens de alta resolução atreladas às ferramentas de análise hidrológicas revelou-se essencial para identificação de setores com maior suscetibilidade ao processo erosivo linear. Considera-se que os tipos de solos e cultivos desempenham um papel significativo no avanço desse processo. É importante destacar que, mesmo com baixa declividade no terreno analisado, esses fatores contribuem para a ocorrência e agravamento dos processos erosivos.

É relevante ressaltar a importância de pesquisas em regiões de perímetros irrigados no semiárido, uma vez que essas áreas enfrentam diversas problemáticas relacionadas à dinâmica físico-natural, como altos índices de desertificação, desafios na distribuição de recursos hídricos e o surgimento de processos erosivos. Portanto, estudos como o presente são capazes de oferecer um ponto de partida para pesquisas futuras que visem à detecção e análise de fenômenos erosivos em áreas de agricultura no semiárido brasileiro, utilizando dados de sensoriamento remoto de alta resolução espacial. Especificamente, no contexto da identificação de processos erosivos na localidade estudada.

Espera-se que as discussões realizadas neste estudo possam fornecer subsídios para possíveis ações no âmbito do planejamento e gestão dos recursos ambientais como um todo. Os resultados obtidos podem contribuir para embasar estratégias e medidas voltadas para a prevenção e o controle da erosão, visando à conservação do solo e à sustentabilidade das atividades agrícolas na região semiárida.

Contribuições dos Autores: Sidney Walison Santos da Silva contribuiu com a concepção, organização, participação dos trabalhos de campo e redação do manuscrito. Maria Rita Monteiro de Lima contribuiu com a concepção, organização, participação dos trabalhos de campo e redação do manuscrito. Renilson Pinto da Silva Ramos contribuiu com o método e manuscrito. Kleber Carvalho Lima contribuiu com a concepção da pesquisa, redação do manuscrito, trabalho de campo, revisão e discussão dos dados.

Financiamento: Esta pesquisa recebeu auxílio a projeto de pesquisa da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), processo nº APQ-0899-7.06/21.

Agradecimentos: À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), de Bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor (Processo n.º IBPG-1178- 4.00/24) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão de bolsa de mestrado ao segundo autor (Processo n.º 130427/2024-1).

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

- APAC. **Boletim Climático - Síntese Climática.** / Agência Pernambucana de Águas e Clima. Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas. – Recife. v.11. n.7. jul. 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/uploads/Boletim-Clim--tico-Julho.pdf>. Acesso em: 17 de jul. 2024.
- BRUNO, L. O. GRASS: A free and open source solution for hydrographic body analysis. *Nativa*, v. 5, n. 1, 2017.
- CASTRO, S. S.; HERNANI, L. C. **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade** – editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2015. 367p., 2015.
- DABSKIA, M; ZMARZB, A; PABJANEKB, P; ABSHIREC, M. K; KARSZNIAB, I; CHWEDORZEWSKAC, K. J. UAV-based detection and spatial analyses of periglacial landforms on Demay Point (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica), *Geomorphology*, Volume 290, p. 29-38, 2017.

- DIETRICH, L. S.; TIGGES, C. H. P.; CORDEIRO, V. A.; SEGATO, L. S.; MARCATTI, G. E. USO DE DADOS LIDAR PARA IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS SUSCEPTÍVEIS A EROÇÃO EM ESTRADAS FLORESTAIS. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Santos-SP, 2019.
- FAO. **The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021 – Systems at breaking point: Main Report**. [s.l.]: Food & Agriculture Org., 2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Banco de Dados de Informações Ambientais**. 2023. Disponível em <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 16 de jul. de 2024.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2017> Acesso em: 14 outubro 2024.
- KIM, J. S; BAEK, D; SEO, II W; SHIN, J. Retrieving shallow stream bathymetry from UAV-assisted RGB imagery using a geospatial regression method, **Geomorphology**, Volume 341, p. 102-114, 2019.
- LIMA, K. C. **Relações entre a rede de drenagem e as superfícies de aplainamento no semiárido: a bacia hidrográfica do Rio Bom Sucesso (Bahia)**. Dissertação (mestrado). [s.n.], 2012.
- LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M.; GOMES, D. D. M. ; SOUZA, S. O.; ALEXANDRE, F. S. Erosão em áreas suscetíveis a desertificação no semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfológica baseada em imagens de altíssima resolução. **Revista brasileira de geomorfologia** , v. 24, p. 1-14, 2023.
- MORAIS, D.M.F.; HORN, B.L.D.; LIMA, F.J.C.; BRASILINO, R. G.; NETO, J.V. **Projeto Alto Moxotó - Folha Airi SC.24-XA-V, Estado de Pernambuco**: Carta Geológica-Geofísica. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2018. Escala 1 :100.000. Levantamento Geológico e de Potencial Mineral de Novas Fronteiras.
- NARDI, F.; GRIMALDI, S.; SANTINI, M.; PETROSELLI, A.; UBERTINI, L. Hydrogeomorphic properties of simulated drainage patterns using digital elevation models: The flat area issue. **Hydrological Sciences Journal**, v. 53, n. 6, p. 1176–1193, dez. 2008.
- PETSCH, C.; SCCOTI, A. A. V.; DE SOUZA ROBAINA, L. E.; TRENTIN, R. Controlling factors and mapping of linear erosive features in Santa Maria River watershed–RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, p. 1876-1892, 2022.
- PONTES, J.I., MELO, M.F.O., LIMA, V.N., ALCÂNTARA, L.A. Pernambuco tridimensional: potencialidade de geração de produtos cartográficos de apoio a gestão de bacias hidrográficas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Santo/SP, 2019.
- RAFAELI, O; NAHLIELI, A; SVORAY, T. Dynamics of subsurface soil erosion in a semiarid region: A time-series study of sinkhole area and morphology. **Catena**, v. 233, p. 107511, 2023.
- RAHMATI, O.; TAHMASEBPOUR, N.; HAGHIZADEH, A.; POURGHASEMI, H. R.; FEIZIZADEH, B. Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework. **Science of the Total Environment**, v.579, p. 913-927, 2017.
- SCHWARZ, H.; MICHEL, G. P.; ZANANDREA, F.; PAUL, L. R.; SALVADOR, C. G. Uso de caracterização morfométrica e geomorfológica na análise de mapeamentos de cicatrizes de escorregamentos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 1, 2023.
- SEMAS. **Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco**. Recife: SEMAS, 2020. 120 p
- SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M. S. L.; CAVALCANTI, A. C. **Descrição das principais classes de solo**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos – CNPS, Unidade de execução de pesquisa e desenvolvimento de Recife – UEP/Recife – 2005.
- WEIS, M. G.; SILVA, N. M.; PESSI, D. D.; BARBOSA, D. S.; MOREIRA, R. M.; LUIZ, R. B.; PARANHOS FILHO, A. C. Identification of erosion processes through hydrological models and high resolution aerial images. **Nativa**, v. 10, n. 3, p. 391–399, 2022.
- YOUNG, A. **Slopes**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1972.