

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO EROSIVA LINEAR E DO USO E COBERTURA DA TERRA EM ÁREA AGRÍCOLA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO POR MEIO DE IMAGENS DE LIDAR E DE ARP

Sidney Walison Santos da Silva ¹
Maria Rita Monteiro de Lima ²
Ilamar Antonio da Silva ³
Kleber Carvalho Lima ⁴

INTRODUÇÃO

Os processos erosivos em áreas agrícolas é um dos problemas ambientais mais recorrentes em várias partes do mundo, principalmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro (SANTOS, et al., 2021). Este fenômeno provoca a diminuição da fertilidade, diminuição nos níveis de produtividade agrícola e degradação ambiental (JORGE; GUERRA, 2013).

Na região semiárida pernambucana, a irregularidade pluviométrica e práticas de manejo inadequadas às características físicas do solo, contribuem para o agravamento dos processos erosivos, desencadeando na diminuição da produção de culturas e posteriormente com solos inférteis para a agricultura (LIMA et al., 2016). Tendo em vista o agravamento da degradação dos solos em regiões agrícolas do semiárido, é necessário estudos que possibilitem a compreensão da dinâmica e evolução da erosão nessas regiões.

Na literatura recente, autores como Silva et al. (2022), Lima et al. (2023) vêm trabalhando com dados de altíssima qualidade para a análise espacial das regiões no submédio do São Francisco, porém há escassez de estudos com enfoque em perímetros agrícolas em regiões semiáridas que utilizem tecnologias de altíssima qualidade.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar a evolução temporal do uso e cobertura da terra, como também avaliar a evolução da erosão linear em uma área experimental agrícola através de imagens obtidas por tecnologia LiDAR e por aeronave remotamente pilotada - ARP. Pretende-se identificar padrões de erosão, quantificar as

¹ Mestrando do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, sidney.walison@upe.br;

² Mestrando do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, mariarita.lima@upe.br;

³ Mestrando do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, ilamar.silva@upe.br;

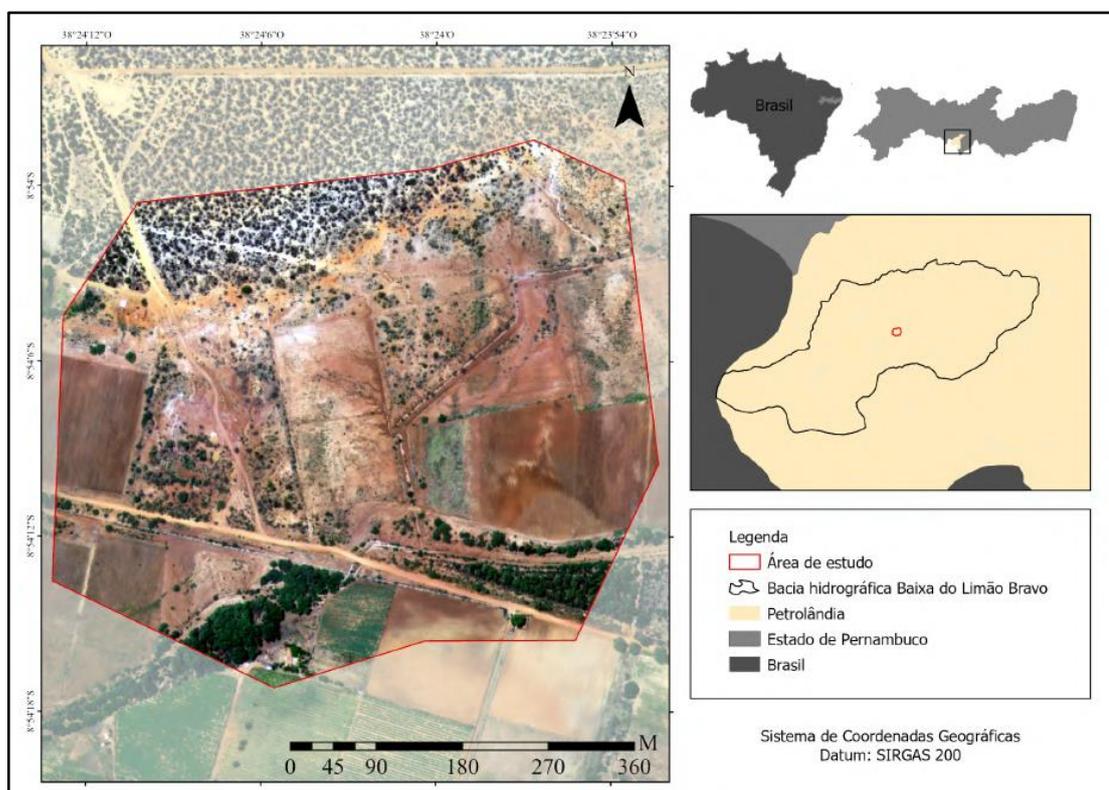
⁴ Professor orientador: Doutor, Universidade de Pernambuco - UPE, kleber.carvalho@upe.br.

mudanças geomorfológicas de gênese erosiva linear ao longo do tempo e fornecer subsídios para práticas de manejo sustentável.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo engloba uma área experimental situada na porção central da bacia hidrográfica do riacho Baixa do Limão Bravo em Petrolândia-PE, representando 0,29 km² (Figura 1), com precipitações em torno 528 mm/ano e temperatura média anual em torno de 24°C (APAC, 2023).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo em Petrolândia – PE.



Fonte: Autores, 2024.

A geologia é composta por 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 Quartzarênicos 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).

Para a geração dos mapas de uso e cobertura da terra, utilizou-se a ortoimagem do Projeto Pernambuco Tridimensional do ano de 2016 e a ortoimagem captada em 2023 com ARP utilizando método proposto por Lima et al. (2023). Foi utilizado o método de classificação supervisionada de máximo-verossimilhança, que é baseado na probabilidade que determinado pixel pertença a uma classe específica (UDUPI et al., 2024) e posteriormente utilizou-se a estatística Kappa para validação da acurácia e concordância da classificação.

Tabela 1. Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa.

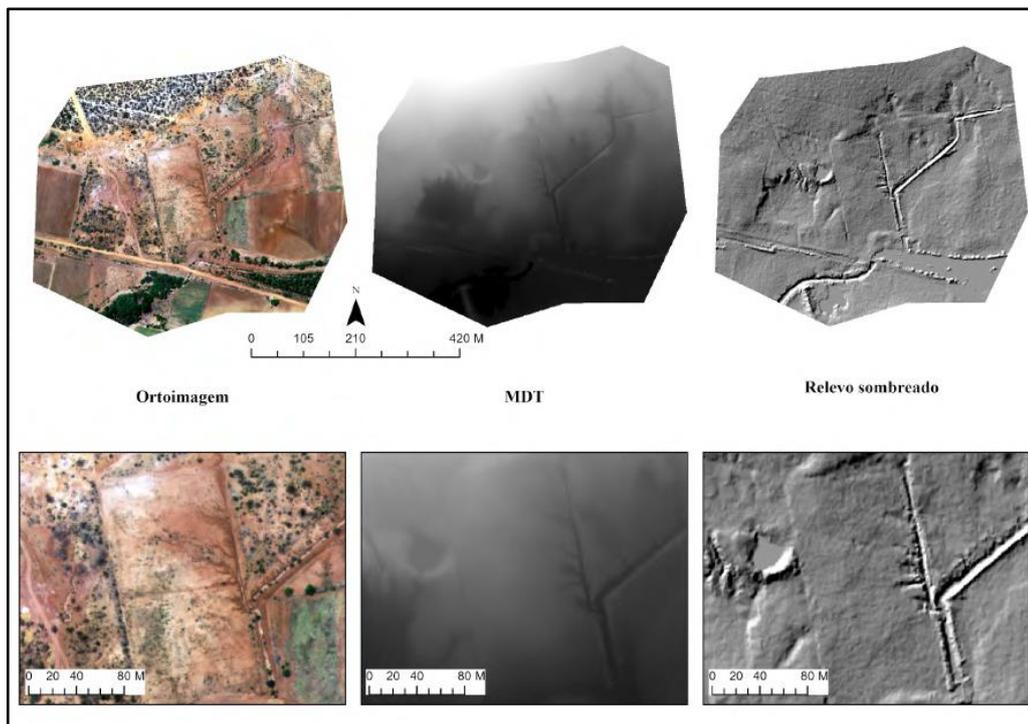
Kappa Statistic	Strenght of Agreement
< 0.00	Poor
0.00-0.20	Sligh
0.21-0.40	Fair
0.41-0.60	Moderate
0.61-0.80	Substantial
0.81-1.00	Almost Perfect

Fonte: Landis e Koch (1977 p.165)

Em seguida, as classes de cultivo mapeadas manualmente foram classificadas a partir da proposta de adaptação da Carta de Morfoconservação de Silva, Lima e Lima (2023) para regiões semiáridas, sendo classificadas na área as classes de Cultivo suscetível à erosão e Solo desnudo preparado para o cultivo.

Para a identificação das feições erosivas lineares no ano de 2016, foi utilizado o Modelo Digital de Terreno (MDT) gerado por perfilamento a laser, através do PE3D, com resolução espacial de 0,5 m, assim como seus derivados (Figura 2). Para análise no ano de 2023, foram utilizadas imagens obtidas por aerolevantamento com ARP, posteriormente processadas no software Agisoft Metashape Pro e georreferenciados de acordo com os produtos do PE3D.

Figura 2. Produtos gerados por perfilamento a laser do PE3D.



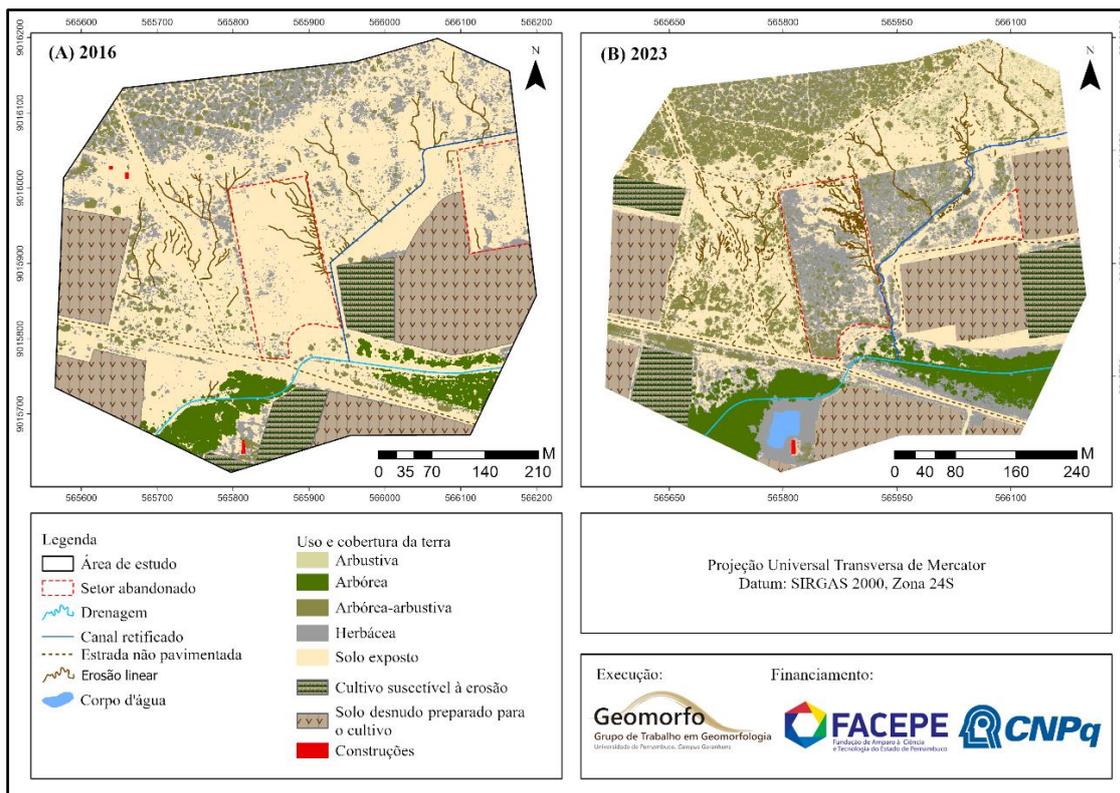
Fonte: Autores, 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise temporal das classes de uso e cobertura da terra na área estudada, apresentou nos mapas de 2016 e 2023, índice Kappa de 88% e 92% e acurácia global de 91% e 93%, respectivamente. O que contribuiu para a identificação e compreensão da distribuição espacial das classes (Figura 3).

Observou-se o crescimento da vegetação como também a reintrodução de cultivo em área anteriormente abandonada, devido ao tempo de pousio em áreas agrícolas associados com a reposição de nutrientes, que possibilitou uma possível regeneração da vegetação (OLIVEIRA; GALVÍNCIO, 2011; FRANÇA *et al.*, 2020).

Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra de 2016 e 2023.



Fonte: Autores, 2024

Nos dois anos, a maior parte da área foi composta por solo exposto (Tabela 2), significando o aumento da suscetibilidade ao processo erosivo. Porém, houve o decréscimo da classe de 36,45%, com relação ao ano de 2016.

A análise da vegetação permitiu afirmar que houve um aumento significativo entre os anos de 2016 e 2023. Em 2016, a vegetação cobria 62.197 m², correspondendo a 21,48% da área total. Já em 2023, a cobertura vegetal aumentou para 117.132 m², representando 40,45% da área total. Isso representa um incremento de 88,82% na área coberta por vegetação ao longo do período analisado.

Tabela 2. Área ocupada por cada classe de uso e cobertura da terra.

Classes	2016		2023	
	Área (m ²)	% da área total	Área (m ²)	% da área total
Arbórea	14.480	5	20.897	7,22
Arbórea-arbustiva	11.840	4,09	46.929	16,21
Arbustiva	-	-	3.151	1,09
Construções	159	0,05	107	0,04
Corpo d'água	-	-	1.542	0,53
Herbácea	35.877	12,39	46.155	15,94
Solo exposto	158.350	54,69	100.619	34,75
Cultivo suscetível à erosão	13.665	4,72	18.388	6,35
Solo desnudo preparado para o cultivo	55.144	19,05	51.727	17,87

Fonte: Autores, 2024.

Dentre as classes de cultivo, em 2016 as áreas somavam 23,76% da área total, já em 2023, houve um leve aumento, com as áreas de cultivo passando a representar 24,21% da área total. Este incremento indica que, apesar do aumento significativo da vegetação, as áreas destinadas ao cultivo continuam a ocupar uma parte considerável da região.

Com base nos produtos derivados do LiDAR e ARP, foram obtidas informações quantitativas entre os anos de 2016 e 2023 (Tabela 3), como exposto por Lima *et al.* (2023) em seu estudo, a análise dos parâmetros das feições lineares permitiu a compreensão e a análise do grau de desenvolvimento das feições lineares na área estudada.

Tabela 3. Área ocupada por cada classe de uso e cobertura da terra.

Parâmetro	Unidade de medida	Resultado	
		2016	2023
Área	m ²	289.515	
Perímetro	m	2031,50	
Número de feições lineares identificadas	-	87	567
Densidade de feições lineares	n ^o /m ²	8,96	11,3
Extensão total das feições lineares	m	2596,53	3273,89
Extensão média das feições lineares	m	29,85	5,77
Extensão máxima das feições lineares	m	164,85	192,73
Extensão mínima das feições lineares	m	2,06	0,1
Área com solo exposto	m ²	158,35	100,62
Densidade de feições lineares/área de solo exposto	n ^o /m ²	16,4	28,91

Fonte: Autores, 2024.

Na análise das feições erosivas lineares, notou-se um aumento exponencial no número de feições mapeadas, porém, os produtos utilizados para o ano de 2016 possuem resolução espacial inferior aos produtos de 2023, o que possibilitou maior detalhamento, como também maior quantidade identificada de feições.

O alto grau de densidade erosiva em setor com solo exposto apresentou como apontado por Lima *et al.* (2023) alta vulnerabilidade do terreno aos processos erosivos. Como também por se localizar em área de contato geológico entre a Formação Aliança e os Depósitos Colúvio-eluviais, pode favorecer o surgimento de feições erosivas lineares, por constituírem como mencionado Veras *et al.* (2017) em áreas de natureza pelítica, densidade vegetativa fraca, onde as litologias são friáveis e intemperizadas.

E a partir de práticas agrícolas intensivas, paralelamente à redução de matéria orgânica no solo, os processos erosivos são intensificados (GUERRA, 2015). A remoção da vegetação é

o principal fator de degradação de terrenos no semiárido (VASQUEZ-MENDEZ *et al.*, 2011) e observou-se na área amostral que apesar das fragilidades naturais, a remoção da vegetação para práticas agrícolas atua como agravante dos processos erosivos, afetando a capacidade produtiva do solo (HERNANI *et al.*, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados adquiridos, é notório que a utilização de produtos de altíssima qualidade possibilitou índice alto de precisão para destacar as classes de uso e cobertura da terra. A análise temporal do uso e cobertura da terra, juntamente com o mapeamento das feições erosivas lineares, permitem a compreensão e implementação de estratégias de planejamento dos recursos naturais por parte das instituições e/ou órgãos responsáveis visando mitigar a degradação do solo.

A redução da classe de solo exposto entre os anos analisados, apontam uma possível capacidade regenerativa da área, porém nota-se que a alta densidade de feições lineares apontam alto grau de vulnerabilidade da área, portanto é relevante destacar que o estudo aponta a importância de práticas de manejo adequadas para a área, como também a preservação da vegetação, tornando-se essencial a análise temporal para a compreensão e gestão dos recursos naturais.

Palavras-chave: Análise temporal; Degradação das terras; Fotogrametria; Perímetro irrigado; Processos erosivos

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento 001, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental (PPGSDS) e a Universidade de Pernambuco (UPE), como também à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco — FACEPE, pela concessão de bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor (Processo n.º IBPG-1178-4.00/24) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado ao segundo e terceiro autor (Processo n.º 130427/2024-1 / Processo n.º 440077/2023-0) respectivamente.

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.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica-Geofísica Folha SC.24-X-A-V - AIRI.** Brasília: MME, 2018. 1 mapa, Escala 1:100.000.
- CASTRO, S. S.; HERNANI, L. C. **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade** – editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2015. 367p., 2015.
- DIAS, C. R. **Conflitos de uso e ocupação do solo na área de preservação permanente da barragem de Itaparica: Estudo de caso dos municípios Pernambucanos.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- FRANÇA, L. M. A.; MIRANDA, R. Q.; COSTA, V. S. O.; GALVÍNCIO, J. D. **Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pajeú (Pernambuco) com o produto MODIS MCD12Q1** – Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto, v.1, n.1. 001-027, 2020. GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, T.A.J.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G. (Organizadores). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 17-50.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.) **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- HERNANI, L. C. FREITAS, P. L. PRUSKI, F. F. MARIA, I. C. CASTRO FILHO, C. LANDERS, J. N. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V. FREITAS JUNIOR, E. PERES, J. R. R. (ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47-60.
- 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.
- 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.
- LIMA, T. S.; CARDOSO, A. S.; SOUZA, W. M.; GALVÍNCIO, J. D. **Analysis of climate variability in semiarid region, Petrolândia, Pernambuco** - Journal of Hyperspectral Remote Sensing V.6, n.2 p.91-98 DOI: 10.5935/2237-2202.20160008, 2016.
- 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.
- OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D. **Uso e cobertura do solo em áreas semiáridas do Nordeste do Brasil.** Revista de Geografia (UFPE) V. 28, N.1, 2011.
- SANTOS, S. A.; CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M.; OLIVEIRA, I. J. **Fragilidade ambiental dos solos no semiárido do Estado de Pernambuco: problemática a luz da erosão e da salinização** - XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia - ISSN: 2175-8875, 2021.
- 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.
- SILVA, I. A. ; LIMA, K. C. ; GOMES, D. D. M.; SOUZA, S. O. Mapeamento geomorfológico de detalhe como subsídio a instrumentos legais: estudo de caso no município de itacuruba - semiárido de pernambuco. In: xix Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2022, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2022 v. 1. p. 459-463.
- SILVA, W. S. S.; LIMA, M. R. M.; LIMA, K. C. Uso da terra e processos erosivos em perímetros irrigados: estudo de caso em Icó-Mandantes, submédio São Francisco (Pernambuco). In: XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. UERJ: Rio de Janeiro, 2022. **Anais...** UERJ: Rio de Janeiro. 2022.
- UDUPI, S.; HEMAMALINI, H. C.; CHITTORA, V.; PRABHURAJ, D.; K.; PATIL, S. S. (2024). Efficient schemes of classifiers for remote sensing satellite imagery of land use pattern classifications. **Mercator** (Fortaleza), 2024.
- VASQUEZ-MENDEZ, R.; VENTURA-RAMOS, E.; OLESCHKO, K.; HERNANDEZ-SAND-OVAL, L.; ANGEL, M. Soil erosion processes in semiarid areas: the importance of native vegetation. In: GODONE, D. (Org). **Soil Erosion Studies.** InTech, 2011. p. 25-40.