

# POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DE ORTOIMAGENS OBTIDAS COM ARP NA IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DA EROSÃO NO MUNICÍPIO DE FLORESTA – SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO<sup>1</sup>

Pauli Dante Nunes Barreto <sup>2</sup>  
Ewerton Gabriel Soares de Moura Silva <sup>3</sup>  
Isaias Duarte Nunes <sup>4</sup>  
Kleber Carvalho Lima <sup>5</sup>

## INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro, a erosão dos terrenos está presente em diferentes áreas e manifesta-se como um processo natural, típico das diferentes catenas cujos processos de denudação da superfície contribuem para a remoção das partículas (Corrêa; Souza; Cavalcanti, 2014). No entanto, é reconhecido que formas inadequadas de manejo do solo desenvolvidas nas últimas décadas (Bezerra et al., 2020) têm causado desequilíbrios no balanço morfogênese x pedogênese, contribuindo para a erosão acelerada e consequente degradação dos ambientes afetados. Somada a degradação dos terrenos por erosão, diversos cenários regionais também apresentam degradação por processos de desertificação (Vieira, et al., 2021; Silva et al., 2023), cuja relação pode ser estabelecida como de causa e efeito.

As áreas suscetíveis a desertificação (ASDs) ocupam porções consideráveis do estado de Pernambuco, onde os níveis variam de fraco a severo, segundo apontou o zoneamento estadual da suscetibilidade a desertificação (SEMAS, 2021). Nessas áreas os processos erosivos são intensos e aumentam progressivamente, conforme os impactos das ações antrópicas persistem. Dessa forma, o monitoramento se torna crucial para se compreender como as erosões se manifestam, assim como para se contribuir com a criação de políticas públicas e ações que visem evitar o avanço das áreas afetadas.

---

<sup>1</sup> Trabalho resultante de pesquisa de iniciação científica realizado pelo primeiro, segundo e terceiro autores.

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade de Pernambuco - UPE, [pauli.nunes@upe.br](mailto:pauli.nunes@upe.br);

<sup>3</sup> Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade de Pernambuco - UPE, [ewerton.gabriel@upe.br](mailto:ewerton.gabriel@upe.br);

<sup>4</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual - UPE, [Isaias.nunes@upe.br](mailto:Isaias.nunes@upe.br);

<sup>5</sup> Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade de Pernambuco - UPE, [kleber.carvalho@upe.br](mailto:kleber.carvalho@upe.br);

Dentre as diversas formas de se monitorar áreas degradadas por erosão, destaca-se o monitoramento por meio de aeronave remotamente pilotada – ARP. Diversos estudos têm utilizado esse tipo de tecnologia em cenários distintos (Rademann; Trentin, 2020; Lupinacci et al., 2022; Ventura et al., 2023; Stefanuto; Lupinacci, 2024), sendo necessária à sua aplicabilidade em diversas áreas do semiárido com ocorrência da desertificação. Os produtos derivados de aerolevantamentos realizados com ARP apresentam diversas utilidades, ao permitir a identificação de diversos elementos sobre a erosão em escala de detalhe e de ultradetalhe.

Nesse estudo, pretende-se analisar imagens obtidas com drone, com o propósito de se apontar as potencialidades e limitações dessa tecnologia para a identificação de feições erosivas lineares em áreas com processo de desertificação no semiárido. Para essas áreas, os produtos obtidos por meio de ARP emergem como uma ferramenta essencial para monitorar áreas em processo de degradação, proporcionando uma análise detalhada das transformações ocorridas na superfície ao longo do tempo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

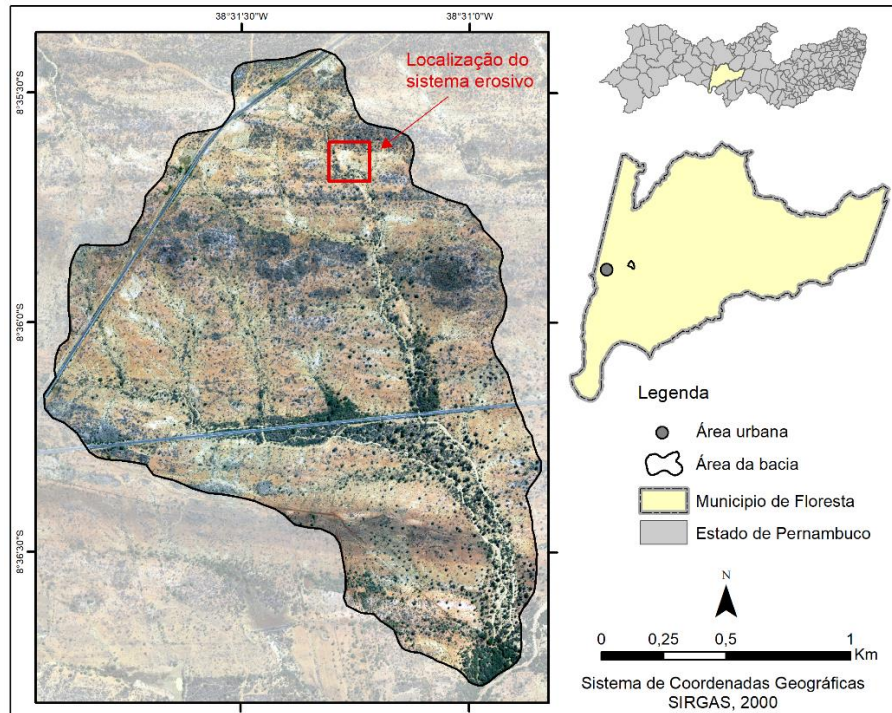
Para o desenvolvimento desse trabalho, foi selecionado um sistema erosivo situado em área degradada na bacia hidrográfica do riacho Floreste, município de Floresta, semiárido de Pernambuco (Figura 1). O sistema erosivo encontra-se na Depressão Sertaneja, regionalmente elaborada sobre ganisses, ortognaisses, rochas maficas e ultramaficas do Paleoproterozóico - Neoproterozóico com ocorrência de falhas, traços de lineamentos e feições de deformação associadas à Zona de Cisalhamento Pernambuco. Ocorrem luvisolos crômicos e neossolos regolíticos, que apresentam alta erodibilidade.

Para se analisar as feições erosivas, foi utilizado ARP, modelo Air 2S da fabricante DJI, câmera com resolução de 5,4K, e conta com sensor CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*) de 1” com pixel de 2,4 µm. Os planos de voo foram realizados no aplicativo DroneDeploy, cujos parâmetros utilizados, foram: sobreposição frontal de 75%, sobreposição lateral de 65%, direção de voo de -179°, velocidade de voo de mapeamento de 5m/s, ângulo do gimbal de -90° e altitude de voo de 60 metros.

Os voos foram realizados em quatro momentos, sendo: os voos do período úmido ocorreram em 30/04/23 e em 05/03/24 e os voos do período seco ocorreram em 12/10/22

e em 09/11/23; em intervalos de tempo com o horário de maior luz do dia, para se reduzir ao máximo as sombras no terreno (Tabela 1). A comparação entre dois períodos úmidos e dois períodos secos se deu em função de se analisar possíveis mudanças na cobertura vegetal, aumento de área com solo exposto e também se observar a influência da refletância dos alvos e suas interferências na identificação das erosões lineares.

Figura 1: Mapa de localização do sistema erosivo na b.h. do riacho Floresta (PE).



As imagens foram processadas em computador equipado com processador Intel(R) Core (TM) i7-10700F CPU @ 2.90GHz e 16GB de RAM. A eficiência no manuseio de grandes volumes de dados foi garantida pela GPU GeForce GTX 1660 Ti de 6 GB. O número de imagens de cada voo e os valores de qualidade das imagens podem ser visualizados na tabela 1. No software Agisoft Metashape, foi elaborado o modelo digital de elevação, e posteriormente, foram elaborados os ortomosaicos em qualidade média. No software ArcGis, os ortomosaicos foram sobrepostos com o intuito de fazer as análises comparativas entre os períodos úmidos e secos.

Tabela 1: Especificações de horário dos voos e de processamento das imagens.

	12/10/22	30/04/23	09/11/23	05/03/24
Horário	12:06 – 12:25	11:10 – 11:30	10:11 – 10:26	12:34 - 12:55
Nº de imagens	138	218	263	307

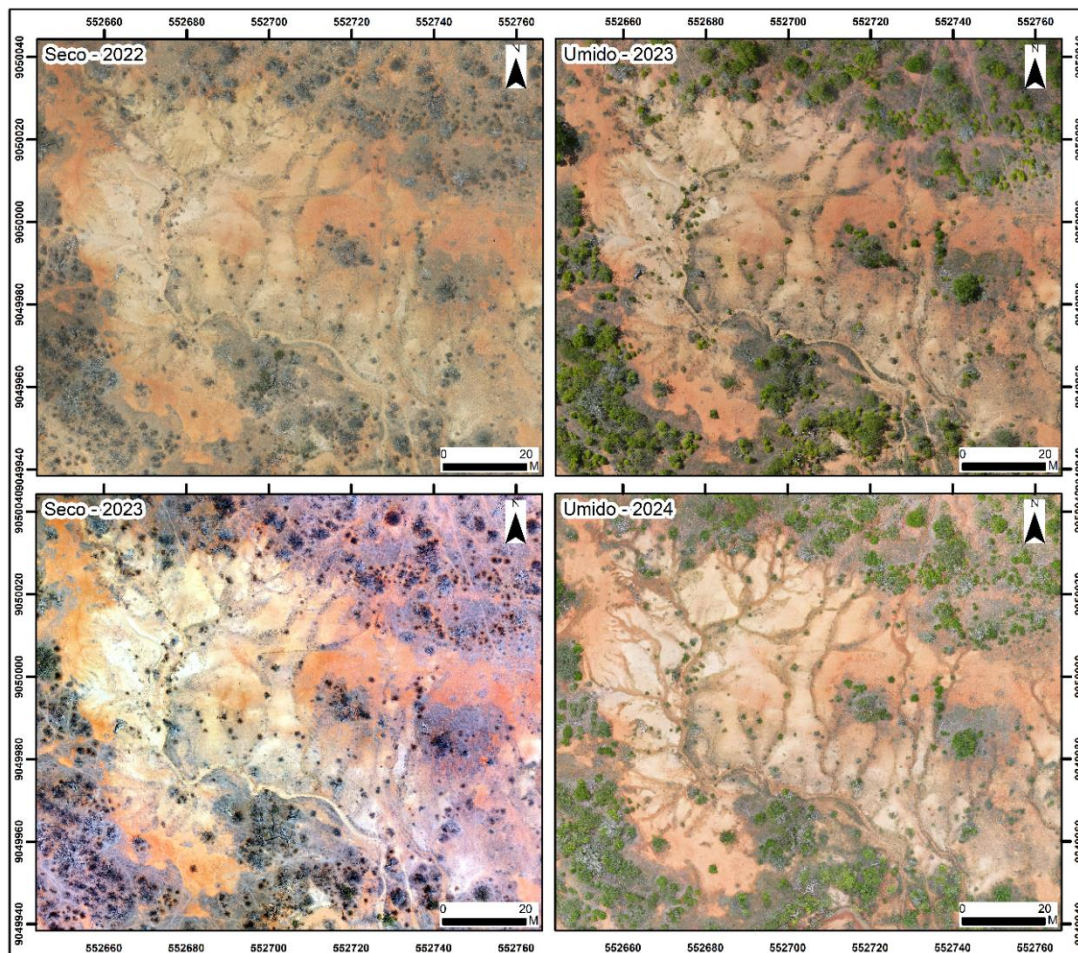
+valor qualidade	0.855	0.980	0.853	0.895
-valor qualidade	0.784	0.722	0.684	0.749

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens geradas nos períodos úmidos e secos (Figura 2), permitiram a visualização das feições erosivas lineares, assim como foi possíveis identificar as diferentes classes de uso e cobertura do terreno nessa área, anteriormente apontadas por Lima et al. (2023), a saber: cobertura vegetal, solo exposto e terrenos erodidos dissecados por incisões lineares.

Nos quatro períodos de sobrevoo, as formas de uso e cobertura permaneceram as mesmas, sem grandes alterações também na área ocupada por cada classe. Comparando-se as imagens dos períodos secos com os períodos úmidos, notou-se a redução no dossel dos arbustos e maior espaçamento entre os mesmos, expondo pequenas áreas de solo em meio a vegetação. Do ponto de vista dos processos erosivos, essas pequenas áreas podem se constituir em caminhos preferenciais para o escoamento concentrado e, aos poucos formar incisões derivadas do escoamento concentrado.

Figura 2: Ortomosaicos do sistema erosivo nos períodos úmidos e secos.



Na análise comparativa entre os períodos secos e úmidos, verificou-se que, de modo geral, as erosões lineares foram facilmente identificadas, principalmente porque os sobrevoos foram realizados em intervalos de horário semelhante, evitando sombreamentos da vegetação. Contudo, aspectos associados a umidade do solo e reflectância da superfície influenciaram na identificação precisa de feições, assim como no número de erosões lineares.

No período seco de 2022, erosões como sulcos foram mascaradas devido a ablação causadas por ação eólica, especialmente nos terrenos erodidos dissecados por incisões lineares. Por outro lado, a reflectância desses terrenos foi menor (áreas com as tonalidades mais claras, onde há exposição do horizonte B e/ou rochas), em comparação com o período seco de 2023, cujo aspecto dificultou a identificação das erosões lineares. Assim, acredita-se que em ambientes secos com alta reflectância dos terrenos, o horário do sobrevoo não necessariamente influenciará na maior ou menor transmissão de radiação eletromagnética captada pelo ARP, mas sim a cobertura de nuvens no momento do voo, conforme apontaram Lu et al. (2020).

Entre os períodos úmidos, ambos ortomosaicos permitiram a identificação mais precisa de feições lineares como sulcos e ravinas, em comparação com os dois períodos secos. Nesse caso, a umidade presente no solo em 2023 e 2024 contribuíram para a menor refletância dos terrenos (YIN et al., 2013) e melhor definição das erosões nas imagens. Porém, a imagem obtida no período úmido de 2024 contribuiu ainda mais na identificação precisa das feições, já que estas ainda acumulavam água no seu interior, em razão da chuva ocorrida cerca de 5 horas antes do sobrevoo.

A partir das comparações entre ortomosaicos obtidos por ARP em períodos secos e úmidos, aponta-se como potencialidades: [i] a capacidade de se conduzir análises detalhadas e ultradetalhadas da erosão em razão da qualidade dos produtos gerados; [ii] a avaliação de diversas variáveis e áreas sem a necessidade de grandes deslocamento em campo, facilitando a análise de dados complexos em ambiente controlado; [iii] a capacidade das imagens geradas por ARP em capturar e refletir mudanças no uso e cobertura vegetal ao longo do tempo; [iv] a capacidade de monitorar áreas de forma a se detectar mudanças de padrões espaciais da erosão em escalas de ultradetalhe.

Destaca-se, a partir desse estudo, fatores que podem se constituir como limitações ao uso ou ao melhor desempenho nas análises da erosão por meio de imagens de ARP: [i] a necessidade de ajustes rigorosos em parâmetros prévios dos sobrevoos, como o horário de maior iluminação do dia, condições de nebulosidade, umidade atmosférica e estação do ano, que se constituem aspectos muito particulares entre cada área; [ii] a disponibilidade de computadores com configurações que dêem suporte às etapas de processamento das imagens; [iii] a necessidade de constantes idas a campo quando se pretende monitorar áreas em processo de degradação por erosão; [iv] a inexperiência do analista para identificar variações sutis nas erosões e nas áreas com solo exposto e vegetação em condições úmidas e secas, cuja complexidade pode ser atribuída à natureza dinâmica dos processos erosivos ou mesmo à resolução das imagens geradas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo destacou as potencialidades e limitações do uso de imagens obtidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) no monitoramento da erosão em ambiente degradado por processos de desertificação no município de Florseta (PE). As imagens revelaram-se valiosas para análises remotas, permitindo avaliações de muito detalhe em diferentes períodos hidrológicos, evidenciando a capacidade desse tipo de imagem em

capturar mudanças no terreno ao longo do tempo, crucial para entender a degradação ambiental em outras áreas com contexto semelhante.

No entanto, aponta-se que para cenários situados no semiárido, é necessária a avaliação da erosão em diferentes períodos úmidos e secos, em tempo mínimo de motoramento de dois anos. Nessa região, os períodos de chuva são irregulares e as estagens podem ser rigorosas, o que influencia diretamente na obtenção de dados por ARP e podem comprometer a análise e monitoramento mais preciso das áreas erodidas e desertificadas.

Apesar dos fatores que se se constituem em limitações, acredita-se que o aerolevanteamento por ARP e a utilização de imagens e outros produtos derivados são fundamentais para se compreender a erosão no semiárido e permitem análises valiosas do seu comportamento sazonal e anual. Ainda assim, destaca-se a necessidade de se conhecer com propriedade as áreas analisadas, bem como a importância de se combinar o monitoramento por ARP com outros métodos de monitoramento em campo. Por fim, afirma-se que o aprimoramento contínuo dos métodos relacionados a essa tecnologia é crucial para futuras ações de preservação ambiental e mitigação da erosão e desertificação em áreas semiáridas.

**Palavras-chave:** Aeronave Remotamente Pilotada; Erosão linear; Análise de Imagens em Ambientes Semiáridos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de iniciação científica (processo nº 164917/2023-3) concedida ao primeiro autor; à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco FACEPE, pelo financiamento de projeto de pesquisa guarda-chuva (processo APQ 0899-7.06/21).

## **REFERÊNCIAS**

BEZERRA, F.G.S.; AGUIAR, A.P.D.; ALVALÁ, R.C.S.; GIAROLLA, A.; BEZERRA, K.R.A.; LIMA, P.V.P.S.; NASCIMENTO, F.R.; ARAI, E. Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2 multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. **Ecol. Indic.**, 117, 2020, Article 106579.

CORRÊA, A.C.B.; SOUZA, J.O.P.; CAVALCANTI, L.C.S. **Solos do ambiente semiárido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica.** In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. (Orgs.) Degradação dos solos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2014. p. 127-170.

LIMA, K. LUPINACCI, C. M.; GOMES, D. D.M.; SOUZA, S. O.; ALEXANDRE, F. S. Erosão em áreas suscetíveis à desertificação no Semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfológica baseada em imagens de altíssima resolução. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v. 24, nº 2, e2319, 2023.

LU, F.; SUN, Y.; HOU, F. Using UAV visible images to estimate the soil moisture of steppe. **Water,** v. 12, n. 9, p. 2334, 2020.

LUPINACCI, C. M.; STEFANUTO, E. B.; NOGUEIRA, D. M. T. Monitoramento de feições erosivas com uso de imagens de altíssima resolução. (revista), v. 1, n. XIX, p. 321-324, 2022.

RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R. Novas geotecnologias aplicadas ao estudo geomorfológico: exemplo de morfometria da Voçoroca do Areal, Cacequi-RS. **GeoTextos,** v. 16, n. 1, p. 209-230, 2020.

SEMAS. **Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco.** Recife: SEMAS, 2020. 120 p.

SILVA, B. F. et al. Evaluating the temporal patterns of land use and precipitation under desertification in the semi-arid region of Brazil. **Ecological Informatics,** v. 77, p. 102192, 2023.

STEFANUTO, E.B.; LUPINACCI, C.M. O uso de imagens de altíssima resolução no mapeamento de paisagens afetadas por erosão. **Agua y Territorio,** 23, p. 171-180, Enero-Junio. 2024.

VENTURA, A. L. et al. **Tecnologias no controle de processos erosivos: A Integração do Drone e da Estação Total na Potencialização dos Dados Planialtimétricos.** Simpósio, [S.l.], n. 11, p. 1, maio 2023. ISSN 2317-5974. Disponível em: <<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/simposio/article/view/2767>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

VIEIRA, R. M. D. et al. Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. **Land Degradation & Development,** v. 32, n. 1, p. 224-240, 2021.

YIN, Z.; LEI, T.; YAN, Q.; CHEN, Z.; DONG, Y. A near-infrared reflectance sensor for soil surface moisture measurement. **Comput. Electron. Agric.,** v. 99, p. 101–107, 2013.





**XX**

**Simpósio Brasileiro  
de Geografia Física Aplicada**

IV Encontro Lusofrancófono de Geografia Física e Ambiente