

Estudos Geográficos

Revista Eletrônica de Geografia

Mapeamento de feições erosivas em áreas susceptíveis à desertificação por meio de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP): estudo em Chorrochó – BA

Kelly Beatriz Silva Santos¹  

Sirius Oliveira Souza²  

Luiz Paulo Conceição Silva³  

Resumo: As Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP's), comumente conhecidas como drones, são plataformas aéreas não tripuladas operadas por meio de sistemas de navegação remota, com ampla aplicação em atividades científicas. No contexto ambiental, essas tecnologias têm se destacado pela eficiência na aquisição de dados de alta resolução, especialmente na identificação e análise de feições erosivas. Este estudo teve como objetivo analisar, em nível detalhado, feições erosivas a partir de dados obtidos por ARP em áreas do município de Chorrochó (BA), com enfoque nos processos morfodinâmicos do relevo em Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's). A metodologia adotada incluiu o georreferenciamento e a fotointerpretação dos dados coletados em campo por meio de ARP, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica QGIS 3.40. Os resultados evidenciaram a ocorrência de 1.425 feições erosivas lineares, além da identificação de 13.140 m² de áreas com solo exposto, indicando a presença de significativos desafios ambientais na área de estudo. Dessa forma, os achados reforçam o potencial das ARP's como ferramenta estratégica para análises ambientais no semiárido tropical, ao mesmo tempo em que fornecem documentos cartográficos para a execução de ações públicas planejadas voltadas à mitigação da desertificação.

Palavras-chave: Feições erosivas; Georreferenciamento; Monitoramento ambiental; Planejamento Ambiental

¹ Licenciada em Geografia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, contato: biakelly35@gmail.com

² Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

³ Discente do curso de Geografia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF,



Este artigo está licenciado com uma licença Creative Commons

CONTRIBUTIONS OF RPAS TO THE MAPPING OF AREAS SUSCEPTIBLE TO DESERTIFICATION: APPLICATIONS IN SECTIONS OF THE MUNICIPALITY OF CHORROCHÓ, BAHIA

Abstract: Remotely Piloted Aircraft (RPAs), commonly known as drones, are unmanned aerial platforms operated through remote navigation systems, with wide application in scientific activities. In the environmental context, these technologies have stood out for their efficiency in acquiring high-resolution data, especially in the identification and analysis of erosive features. This study aimed to analyze, at a detailed level, erosive features based on data obtained from RPAs in areas of the municipality of Chorrochó (BA), focusing on the morphodynamic processes of the landscape in Areas Susceptible to Desertification (ASDs). The adopted methodology included the georeferencing and photointerpretation of data collected in the field using RPAs, within a Geographic Information System (GIS) environment, using QGIS 3.40. The results revealed the occurrence of 1,425 linear erosive features, as well as the identification of 13,140 m² of exposed soil areas, indicating significant environmental challenges in the study area. Thus, the findings reinforce the potential of RPAs as a strategic tool for environmental analyses in tropical semi-arid regions, while also providing cartographic products to support the implementation of planned public actions aimed at mitigating desertification.

Keywords: Erosive features; Georeferencing; Environmental monitoring; Environmental planning

CONTRIBUCIONES DE LOS RPAS AL MAPEO DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA DESERTIFICACIÓN: APLICACIONES EN SECTORES DEL MUNICIPIO DE CHORROCHÓ, BAHÍA

Resumen: Las Aeronaves Pilotadas Remotamente (ARP's), comúnmente conocidas como drones, son plataformas aéreas no tripuladas operadas mediante sistemas de navegación remota, con amplia aplicación en actividades científicas. En el contexto ambiental, estas tecnologías se han destacado por su eficiencia en la adquisición de datos de alta resolución, especialmente en la identificación y análisis de formas erosivas. Este estudio tuvo como objetivo analizar, a nivel detallado, las formas erosivas a partir de datos obtenidos mediante ARP en áreas del municipio de Chorrochó (BA), con énfasis en los procesos morfodinámicos del relieve en Áreas Susceptibles a la Desertificación (ASD's). La metodología adoptada incluyó la georreferenciación y la fotointerpretación de los datos recolectados en campo mediante ARP, en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando QGIS 3.40. Los resultados evidenciaron la ocurrencia de 1.425 formas erosivas lineales, además de la identificación de 13.140 m² de áreas con suelo expuesto, lo que indica la presencia de importantes desafíos ambientales en el área de estudio. De esta manera, los hallazgos refuerzan el potencial de las ARP's como herramienta estratégica para análisis ambientales en regiones semiáridas tropicales, al mismo tiempo que proporcionan productos cartográficos para la implementación de acciones públicas planificadas orientadas a la mitigación de la desertificación.

Palabras clave: Formas erosivas; Georreferenciación; Monitoreo ambiental; Planificación ambiental.

INTRODUÇÃO

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP's), comumente conhecidas por drones, consistem em aeronaves não tripuladas e que são pilotadas a partir de uma

estação de pilotagem remota, voltadas à fins não recreativos (Martins, 2022). Ademais, as ARP's auxiliam significativamente na execução de análises e perícias ambientais de maneira prática e eficiente, bem como na identificação de feições erosivas (Oliveira, Santos e Oliveira, 2023) além de contar com a redução de custos e a otimização do tempo para a execução do trabalho (Cerqueira e Lima, 2022).

Sobre esse aspecto, tecnologias atuais como as ARP's sido utilizadas ao longo dos anos na obtenção de dados espaciais de alta precisão, sobretudo para compreender e realizar o monitoramento de processos geomorfológicos em vários âmbitos, dentre eles, feições erosivas lineares. As feições erosivas lineares são feições geradas pela erosão linear, que é um estágio da erosão onde há a concentração de elevados fluxos hídricos em pequenos canais da encosta, resultando na formação de sulcos, além do mais, segundo Almeida Filho *et al.*, (1999), esses processos são classificados em três subdivisões, sendo elas, sulcos, ravinas e voçorocas, que, em ambiente semiárido tropical, podem contribuir com a intensificação do processo de desertificação (Guerra, 2010; Rios, 2021; Lima *et al.*, 2023).

Os sulcos são pequenos canais lineares com profundidade inferior a 30 cm, formados pelo escoamento concentrado de água em áreas específicas do terreno, especialmente após precipitações prolongadas, que desagregam e transportam partículas do solo (Soares, 2008; Leitão, 2014; Costa, 2017). Diferentemente, as ravinas são canais mais profundos e largos, que se apresentam como um estágio avançado das feições erosivas lineares. Essas estruturas, formadas pela ação da água, são classificadas como efêmeras ou permanentes, conforme critérios físicos (Tomás, 1993; Bergonse e Reis, 2011; Costa, 2017).

Em função da alta precisão dos dados dispostos através das ARP's, torna-se possível a análise em maior detalhe das feições erosivas lineares, que por meio das constantes variações no decurso do tempo, tornam-se identificáveis através do Modelo Digital do Terreno (MDE) e ortoimagens (Lima *et al.*, 2023). Nessa perspectiva, o uso de ARP's emerge como uma ferramenta crucial para o estudo das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's) (Petsch, *et al.*, 2022; Silva, Freitas e Lima, 2023), que de acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), são áreas que sofrem com o processo de desertificação, que consiste na degradação de terras em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, assim como dos recursos hídricos e da cobertura vegetal, decorrente das

ações antrópicas, das mudanças climáticas, e também, de outros eventos naturais (BRASIL, 2004; Santos *et al.*, 2024).

A desertificação deve ser diferenciada de processos correlatos para evitar equívocos conceituais. A desertização corresponde à expansão natural de condições desérticas, determinada por fatores geológicos e climáticos de longa duração, sem relação direta com a ação humana atual. Já a arenização consiste na acumulação de sedimentos soltos, de alta mobilidade, que dificultam a fixação da vegetação, podendo resultar em áreas com cobertura vegetal escassa ou inexistente (areais), muitas vezes agravadas por práticas agrícolas e pastoris inadequadas. Por sua vez, a desertificação não se confunde com esses processos, pois resulta da intensificação da degradação da terra em áreas climaticamente susceptíveis, associada ao uso e manejo insustentáveis do solo, influenciada por eventos climáticos e tendências de longo prazo (Nascimento, 2006; Suertegaray, 2011; Santos, 2016).

Adicionalmente, para a área de estudo em questão, a classificação como área em processo de desertificação encontra-se devidamente fundamentada na literatura citada no texto, sendo caracterizada por processos de degradação da terra associados à ação antrópica em ambiente semiárido. Dessa forma, entende-se que o fenômeno analisado não corresponde à arenização, uma vez que não há predomínio de sedimentos arenosos inconsolidados com dinâmica eólica marcante, mas sim a ocorrência de processos erosivos lineares e degradação progressiva do terreno.

Reconhecemos, contudo, que existem diferentes abordagens na literatura, nas quais alguns autores enfatizam a desertificação e outros a arenização, a depender do contexto geoambiental analisado. Ainda assim, para a área investigada, a interpretação como desertificação mostra-se mais adequada e consistentemente respaldada.

Ademais, o uso de ARP's tem contribuído significativamente para o mapeamento, especialmente em estudos que exigem maior precisão e análises temporais, incluindo pesquisas no campo da Geologia. Essa tecnologia possibilita a realização de trabalhos mais eficientes, dinâmicos e detalhados, de forma prática, rápida e com elevada qualidade (Almeida Neto e Ramos, 2023).

Assim, no cenário internacional, Krenz (2019), Krenz, Greenwood e Kuhn (2019) e Xiao *et al.*, (2022) realizaram estudos com mapeamentos de áreas degradadas em ambientes áridos e semiáridos, com o uso de ARP's. Os resultados demonstraram que o mapeamento com ARP's proporcionou a obtenção de dados

minuciosos e precisos que contribuíram significativamente para a análise da ocorrência e intensidade dos processos erosivos atuantes em trechos da África do Sul e na cidade de Xilinhó na China setentrional.

Referente aos estudos com o uso de ARP's no contexto nacional, Silva *et al.*, (2022), Freitas *et al.*, (2023) e Galindo *et al.*, (2024) realizaram mapeamentos com o uso de ARP's em ambientes degradados do semiárido brasileiro. Tais pesquisas evidenciaram, com alta precisão, os fatores que favorecem a intensificação da atividade erosiva nesses locais, ressaltando a relevância do uso de tecnologias avançadas para monitoramento ambiental e planejamento de medidas mitigadoras.

Portanto, optou-se por estudar um setor degradado do município de Chorrochó, situado no estado da Bahia, considerado como ASD (Santos *et al.*, 2024). Além do mais, objetivou-se analisar feições erosivas em nível de detalhe, a partir da obtenção de dados com ARP, em setores do município de Chorrochó (BA), de modo a se compreender os processos dinâmicos do relevo em Áreas Susceptíveis à Desertificação.

Desse modo, o presente estudo justifica-se pela lacuna existente no que diz respeito a pesquisas voltadas para o mapeamento com o uso de ARP's em áreas semiáridas do estado da Bahia. Além disso, este trabalho possui relevância social por estar alinhado aos instrumentos da Lei nº 12.153, de 30 de julho de 2015, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PNCD), bem como ao Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, estabelecido pelo Decreto Estadual nº 11.573, de 04 de junho de 2009. Esses instrumentos buscam garantir a integração de políticas públicas e a implementação de ações concretas de combate à desertificação e de redução dos efeitos da seca nas regiões mais vulneráveis (Bahia, 2009; Brasil, 2015).

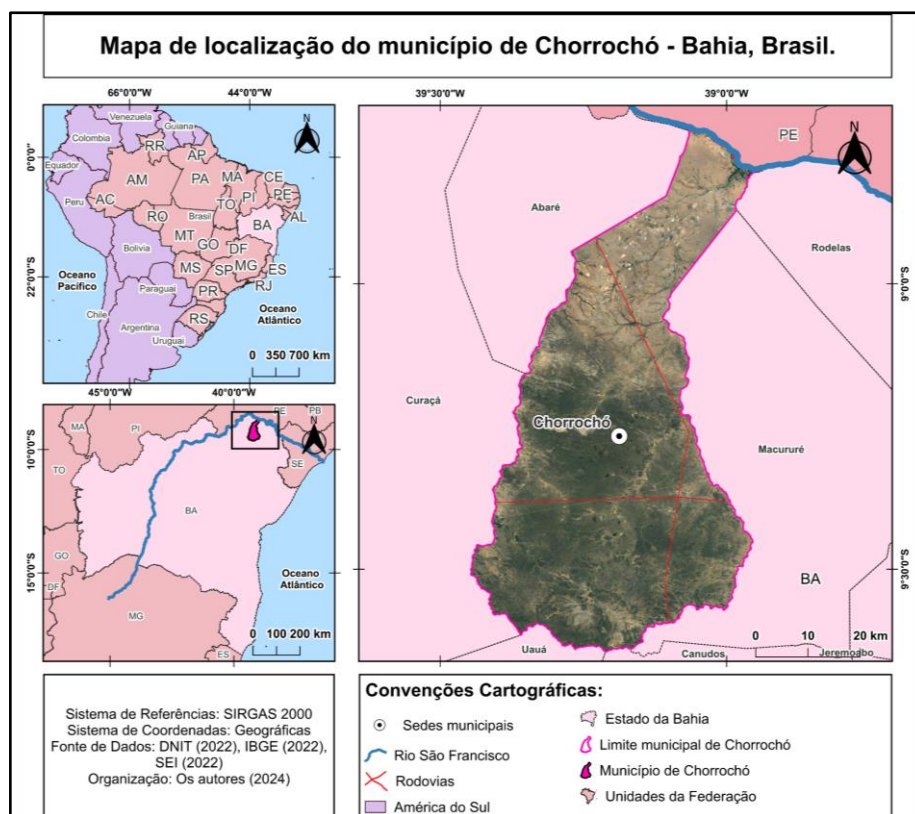
METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O município de Chorrochó está localizado no norte do estado da Bahia, entre 8° 58' 48" S e 39° 05' 38" O (Figura 1), com uma área territorial de cerca de 3.005,319 km². Além disso, seus municípios limítrofes na Bahia são: Abaré ao norte, Rodelas ao norte e noroeste, Macururé a oeste e sudoeste, Canudos a sudoeste, Uauá ao sul e Curaçá a sudeste, além de fazer fronteira com Belém do São Francisco (PE) a leste,

atravessando o rio São Francisco. Ademais, o município é composto por quatro distritos: Barra do Tarrachil, Caraíbas de Oscar, São José e Várzea da Ema, e diversos povoados, como Malhada da Cruz, Mulungo, Podrinho, Queimada do Milho, Sítio dos Bahia e Tabuleirinho (IBGE, 2022).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Chorrochó - Bahia, Brasil.



Fonte: Os autores (2024).

Na área em questão, predomina o clima do tipo BSh, classificado como semiárido quente segundo Köppen (1928). Esse tipo climático caracteriza-se pela irregularidade das precipitações, com totais anuais variando entre 250 mm e 750 mm, além de temperaturas médias elevadas, em torno de 27°C, e altos índices de evaporação (EMBRAPA,1988; IBGE, 2022).

Do ponto de vista geológico, a área está inserida no Cráton do São Francisco, com predominância de rochas cristalinas e solos, em geral, rasos e pedregosos. Identificam-se três subprovíncias estruturais: Pernambuco-Alagoas, de idade Pré-Cambriana; Sergipana-Riacho do Pontal, datada do Neoproterozoico; e a Cobertura Cenozoica Indiscriminada, formada no período Cenozoico, com ocorrência de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Destaca-se o predomínio da subprovíncia

Sergipana-Riacho do Pontal, composta majoritariamente por rochas ígneas e metamórficas (RADAMBRASIL, 1983; IBGE, 2023).

No que se refere ao relevo, observam-se diferentes formas, como chapadas, depressões, patamares, planaltos, planícies, serras e tabuleiros, com predominância das depressões (ANA, 2018). Essas feições apresentam superfícies irregulares e suaves inclinações, resultantes do intemperismo físico associado à ação do vento e da temperatura, com altitudes variando entre 100 m e 500 m (Guerra, 1993).

Quanto à pedologia, identificam-se Argissolos, Luvisolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos, com predominância dos Argissolos, que ocupam cerca de 40% do território. Esses solos são caracterizados pelo acúmulo de argila em horizontes subsuperficiais, decorrente da translocação desse material a partir das camadas mais superficiais (RADAMBRASIL, 1983; EMBRAPA, 2021; IBGE, 2023).

Apesar desse predomínio, também ocorrem solos associados a processos de desertificação, como os Luvisolos Crômicos, que ocupam aproximadamente 16% da área, e os Neossolos Litólicos, que correspondem a cerca de 24%. Os Luvisolos Crômicos apresentam baixa profundidade e elevada suscetibilidade à erosão devido às diferenças texturais entre os horizontes. Já os Neossolos Litólicos são pouco desenvolvidos e altamente vulneráveis a processos erosivos, em função da ausência de horizontes diagnósticos bem definidos (EMBRAPA, 2006; 2021).

No que diz respeito à hidrografia, predominam riachos efêmeros, que permanecem secos na maior parte do ano, apresentando fluxo apenas durante e após eventos de precipitação, como o riacho do Domingos Preto e o riacho da Umburana, ambos afluentes do rio São Francisco. Também ocorrem cursos d'água intermitentes, como o Rio Macururé, que apresenta vazão apenas em determinados períodos do ano (CBHSF, 2014; Oliveira e Moreira, 2014).

Em relação à vegetação, destaca-se o domínio da Caatinga, com formações como Caatinga-Estépica Arborizada, Florestada e Parque, sendo predominante a Caatinga-Estépica Arbustiva. Essa vegetação apresenta adaptações às condições de aridez, como xerofilia e caducifolia (Barbosa, 2003; Araújo, 2010; CBHSF, 2014; IBGE, 2023).

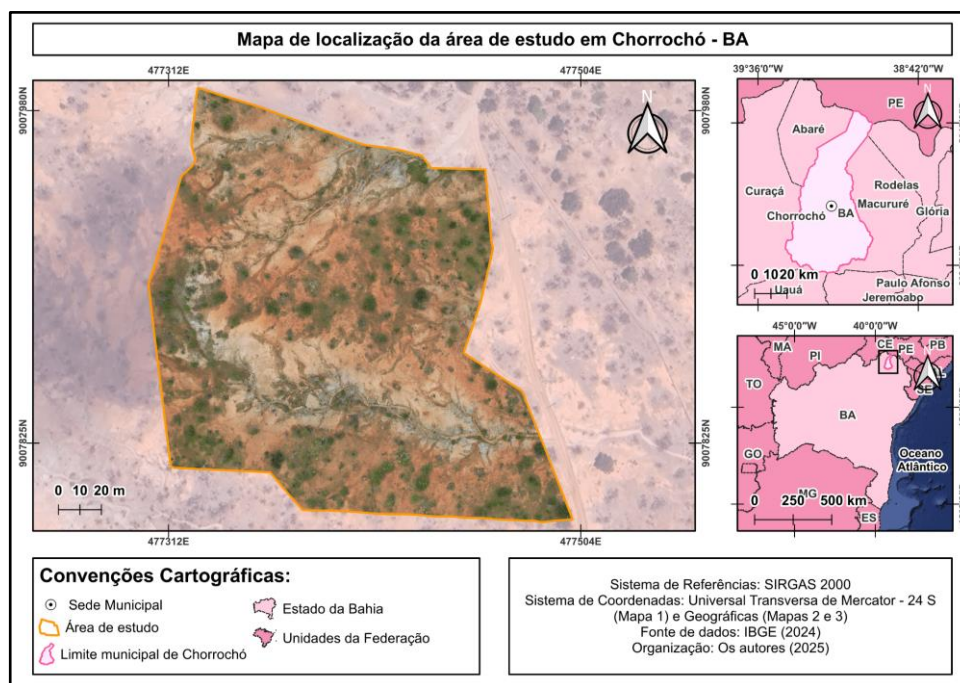
De acordo com o IBGE (2026), a população estimada é de 10.579 habitantes em 2026, com Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 13.00513. A economia local baseia-se principalmente no setor de serviços, com destaque também para atividades do setor primário, como a agricultura e a mineração (IBGE, 2020).

Nesse contexto, a degradação do solo exerce impacto direto sobre a economia local, especialmente devido à dependência das atividades agrícolas. O avanço dos processos erosivos promove a perda de nutrientes essenciais, comprometendo a produtividade e gerando efeitos negativos nos âmbitos ambiental, econômico e social (Lima e Magalhães, 2016; Costa et al., 2021), o que afeta a sustentabilidade das práticas agrícolas e o bem-estar da população.

A área de estudo selecionada (Figura 2) foi definida com base em voo controlado com ARP e na identificação prévia, em campo, de uma zona em processo de desertificação. A escolha considerou critérios físicos, especialmente a presença de feições erosivas lineares visíveis, caracterizando-a como uma área degradada.

O recorte espacial, com aproximadamente 1 hectare, apresenta características semelhantes às observadas em outras regiões do Semiárido tropical brasileiro, conforme estudos de Lima et al. (2023) e Silva, Freitas e Lima (2023). Assim, essa delimitação permite uma análise detalhada dos impactos da erosão linear por meio do uso de ARP, contribuindo para a compreensão dos processos de degradação em ambientes semiáridos.

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo (Chorrochó - Bahia).



Fonte: Os autores (2024).

Procedimentos metodológicos

Este trabalho adotou o método de análise geoespacial aplicada, com abordagem quali-quantitativa, sendo estruturado em quatro etapas principais. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica com o objetivo de fundamentar os conceitos relacionados às ARP's às feições erosivas lineares e às Áreas Susceptíveis à Desertificação. Na segunda etapa, foi desenvolvido o trabalho de campo, com a aquisição de imagens aéreas por meio de uma ARP DJI, modelo Air 2S (devidamente regularizada conforme a legislação vigente, com registro na ANAC, no DECEA e na ANATEL). A terceira etapa consistiu no processamento dos dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), incluindo a geração do ortomosaico, a vetorização das feições erosivas e a elaboração do mapa de densidade dessas feições. Por fim, na quarta etapa, realizou-se a organização e sistematização dos dados quantitativos em tabelas, possibilitando a análise e interpretação dos resultados. A seguir, são apresentados os detalhes dos principais procedimentos referentes à segunda, terceira e quarta etapas.

No primeiro momento, foi realizada a análise prévia das imagens de satélite do município de Chorrochó, o que possibilitou a definição de um trecho específico para a coleta de imagens aéreas no município. Após essa análise, foi possível identificar as áreas de maior relevância para o estudo, com base nos critérios físicos de ocorrência de processos erosivos.

Na etapa seguinte, foi realizado o trabalho de campo, durante o qual foram coletados pontos georreferenciados com o uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS) nas áreas visitadas. Simultaneamente, capturaram-se imagens de alta resolução por meio de uma ARP, modelo DJI Air 2S, registrando-se diversas feições erosivas e áreas com baixa cobertura vegetal, fatores que contribuem significativamente para a degradação do solo.

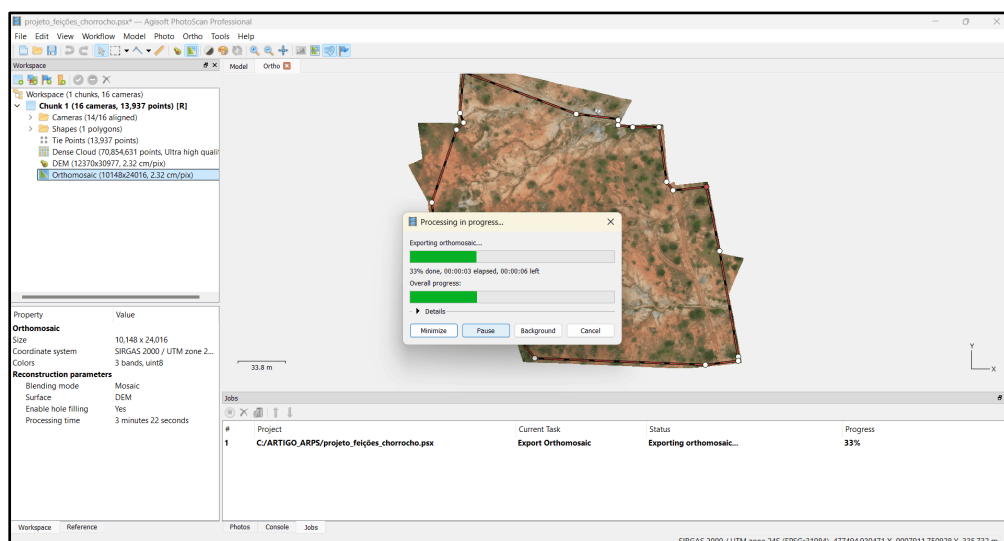
Para a análise das feições erosivas, foi empregada uma ARP DJI Air 2S, equipada com câmera de resolução 5,4K e sensor CMOS (Semicondutor de Óxido Metálico Complementar) de 1", com pixels de 2,4 µm. Os planos de voo foram programados no aplicativo DroneDeploy Mapping for DJI, em sua versão de demonstração, adotando-se os seguintes parâmetros: sobreposição frontal de 75%, sobreposição lateral de 65%, direção de voo de -179°, velocidade de mapeamento de 5 m/s, ângulo do gimbal ajustado para -90° e altitude de voo fixada em 60 metros (200

pés), resultando na aquisição de aproximadamente 89 imagens com resolução espacial de 1,7 cm/pixel.

Tais parâmetros proporcionaram imagens de altíssima resolução espacial, permitindo análises em escala de detalhe (grande escala), superiores às obtidas por sensores orbitais, como os da série Landsat. Ressalta-se também que o plano de voo foi devidamente cadastrado no Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), vinculado ao Ministério da Defesa, em conformidade com as normas vigentes para operações com ARP.

Posteriormente, foi gerado o mosaico de ortomimagens no software de fotogrametria Agisoft PhotoScan em sua versão de avaliação (trial 1.4.5). Seguindo os comandos, o processo envolveu: Fluxo de trabalhos; Adicionar imagens > Alinhar imagens > Gerar nuvens densas > Exportar tudo no formato Pxp > Gerar DEM (Modelo Digital de Elevação) > Gerar ortomosaico e por fim, exportar o ortomosaico no formato de imagem rasterizada, ou seja, *.tiff*, como exposto abaixo na Figura 3.

Figura 3 - Processo de geração do Ortomosaico no Agisoft Pho

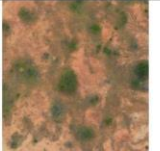


Fonte: Os autores (2024).

Na terceira etapa, foi realizado o mapeamento das feições erosivas lineares, em conformidade com Lima *et al.*, (2023), identificadas a partir do ortomosaico, com o uso do QGIS, na versão 3.34.1, através da etapa de fotointerpretação e vetorização, que é realizada após a seleção das opções “adicionar camada” e “criar novas feições” na barra de ferramentas disponibilizada no programa. Também, foram mapeadas por meio da vetorização, os afloramentos rochosos, a cobertura vegetal, áreas de solo

exposto e os principais canais efêmeros presentes na área de estudo, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Chave interpretativa dos elementos presentes no ortomosaico

	Afloramentos rochosos	Cobertura vegetal	Principais canais efêmeros	Solo exposto
Imagem do ortomosaico				
Imagem mapeada				
Imagem em campo				

Fonte: Os autores (2024).

Ainda nesta etapa, o mapa de densidade das feições erosivas lineares foi gerado com o uso do software QGIS (versão 3.34.1), seguindo os seguintes passos: Processamento > Caixa de Ferramentas > Interpolar > Mapa de Calor, e após o processamento desses dados, foi feita a organização do layout final do mapa e a exportação no formato de Imagem PNG.

Por fim, foi realizado na calculadora de campo software QGIS (versão 3.34.1), o cálculo dos dados vetorizados, visando mensurar a área de estudo total (m^2), as extensões máximas, médias e mínimas das feições erosivas lineares (m^2), o total de área com solo exposto (m^2), a área ocupada por afloramentos rochosos (m^2), a área dos canais principais (m^2) e o total de área com cobertura vegetal (m^2). Bem como, foi gerada e organizada a tabela de dados quantitativos.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

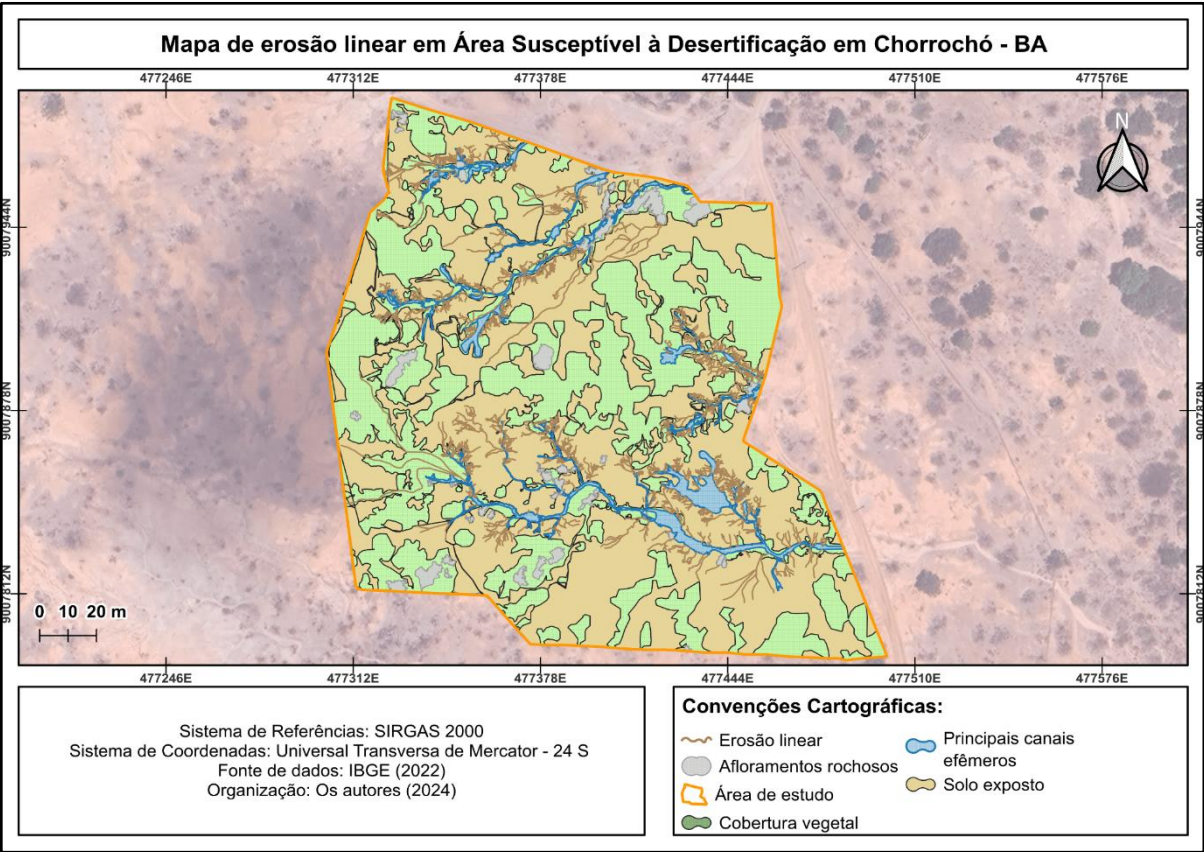
Por meio da Tabela 1 e da Figura 5, observa-se que a área de estudo abrange 27.010,00 m^2 e cerca de 1.425 feições erosivas lineares, obtidas a partir da quantificação dos segmentos vetorizados no processo de interpretação das imagens, correspondendo, portanto, às unidades mapeadas no trecho analisado em maior detalhe.

Tabela 1 - Tabela dos indicadores quantitativos em trechos de Chorrochó - BA

Parâmetros	Resultado
Número de feições erosivas lineares	1.425,00 (uni.)
Extensão total das feições erosivas lineares	3.859,00 m
Extensão média das feições erosivas lineares	2,70 m
Extensão máxima das feições erosivas lineares	59,00 m
Extensão mínima das feições erosivas lineares	1,00 m
Área com solo exposto	13.140,00 m²
Afloramentos rochosos	703,00 m²
Canais principais	890,00 m²
Cobertura vegetal	12.277,00 m²
Área	27.010,00 m²

Fonte: Os autores (2024).

Figura 5 - Mapa de feições erosivas lineares em trecho de ASD (Chorrochó - Bahia).



Fonte: Os autores (2024).

Além disso, a Tabela 1 indica que a extensão total dessas feições equivale a 3.859 m, representando 14,29% da área total da pesquisa. Em relação às dimensões, as feições apresentam extensão máxima de 52,00 m, média de 2,70 m e mínima de aproximadamente 1,00 m.

Para fins comparativos, o estudo de Lima *et al.*, (2023), realizado no município de Floresta, Pernambuco, dentro do Núcleo de Desertificação de Cabrobó, identificou a presença de diversas feições erosivas, incluindo formas lineares, feições oriundas do escoamento difuso, headcuts, canais de drenagem efêmera, além de áreas com cobertura vegetal e solo exposto. Assim como constatado no presente trabalho, observou-se que o sistema erosivo atuava de forma mais intensa nas regiões com solo desprotegido, avançando inclusive sobre áreas com cobertura vegetal.

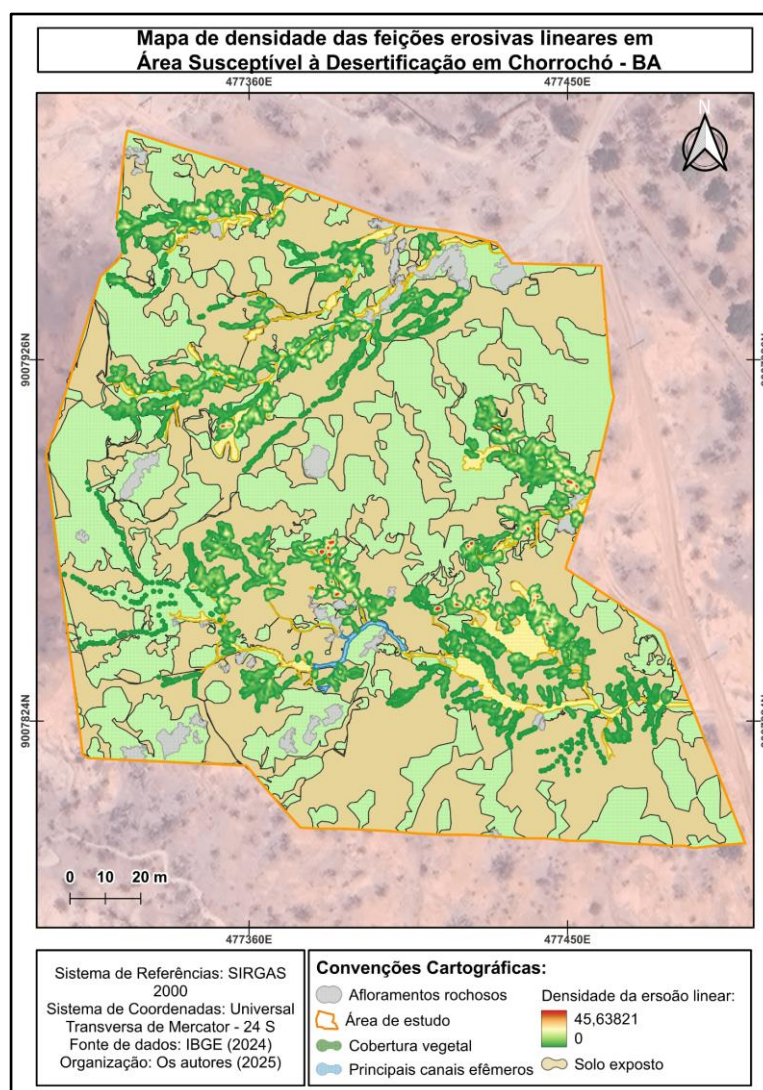
De maneira semelhante, Freitas *et al.*, (2023), ao estudarem a bacia hidrográfica do Riacho Seco, também em Floresta – PE, relataram a ocorrência de feições erosivas lineares, cobertura vegetal intermitente, canais efêmeros e trechos com solo exposto. Dessa forma, a pesquisa expôs que tais feições erosivas predominavam justamente nas áreas onde o solo se encontrava descoberto, padrão igualmente observado na área de estudo deste trabalho. Os dados apresentados pelos autores corroboram os achados neste estudo, que evidenciam uma concentração ainda mais acentuada de feições erosivas lineares, indicando um grau elevado de degradação do solo na área analisada.

A Figura 6 apresenta a distribuição espacial da densidade de ocorrência das feições erosivas lineares na área de estudo, evidenciando as zonas de maior concentração de atividade erosiva. Observa-se que as densidades variam de 0 a 45,6 focos/km², permitindo identificar com maior precisão os setores mais afetados. A análise integrada dos dados indica que as maiores concentrações de feições estão associadas, sobretudo, a áreas com maior proporção de solo exposto e baixa cobertura vegetal, o que favorece a ação direta dos agentes erosivos.

Além disso, verifica-se uma relação significativa com variáveis topográficas, como altitude e declividade, sendo as áreas com declividades mais acentuadas e posições altimétricas intermediárias as mais suscetíveis ao desenvolvimento dessas feições. Esses resultados evidenciam que a ocorrência da erosão não é aleatória, mas condicionada pela interação entre fatores edáficos, cobertura da superfície e características do relevo, reforçando a susceptibilidade de setores específicos da área analisada (Carvalho e Castro, 2023).

Dessa forma, ao observar os dados quantitativos referentes às feições erosivas lineares, identificam-se processos preocupantes, como a formação de sulcos e o desenvolvimento do ravinamento no solo. Tais processos modificam diretamente a dinâmica ambiental e podem evoluir para estágios mais avançados, como o voçorocamento, caracterizado pela formação de feições erosivas profundas, com margens bem definidas e que podem, ou não, estar interligadas ao canal fluvial (Xavier et al., 2020).

Figura 6 - Mapa de densidade das feições erosivas lineares em trecho estudado.



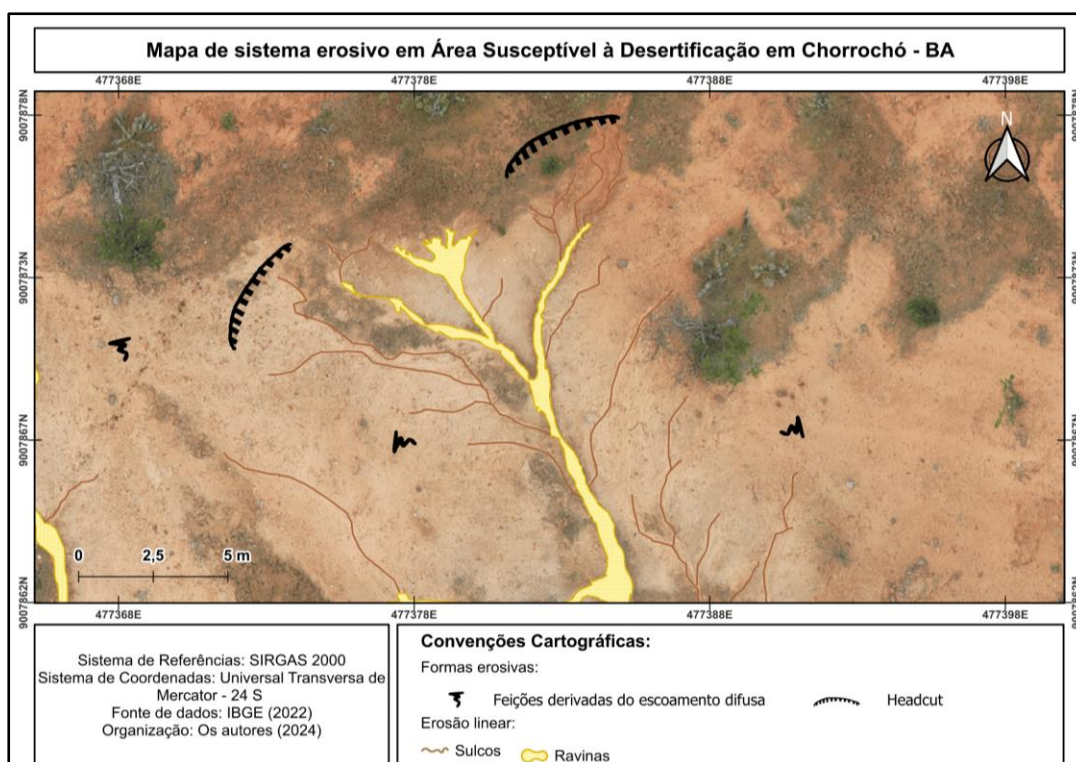
Fonte: Os autores (2024).

Assim, cabe enfatizar que o avanço na formação de sulcos e ravinas está diretamente associado ao processo de desertificação, uma vez que essas feições contribuem para a degradação e exposição da superfície, decorrente, sobretudo, da

alteração na textura entre os horizontes, o que favorece a remoção de nutrientes. Esse processo compromete a estabilidade do terreno, tornando-o mais suscetível à intensificação dos processos erosivos. Destaca-se, ainda, que tais feições, embora naturais, são significativamente potencializadas pela ação antrópica, especialmente por práticas inadequadas de uso e manejo da terra, o que acelera a degradação ambiental (Rios, 2021; Silva, Freitas e Lima, 2023).

Além do mais, é importante destacar que, no sistema erosivo analisado, foram mapeadas feições denominadas como Headcut (Leopold, Wolman e Miller, 1964). Tradicionalmente, esse termo é traduzido como “cabeceira de voçoroca”, referindo-se à porção mais elevada dessa forma erosiva. Contudo, essa tradução pode ser inadequada em determinados contextos, já que tais feições correspondem, na realidade, a degraus topográficos transversais ao canal, os quais intensificam o processo de erosão, conforme exposto na Figura 7. Diante disso, considera-se mais apropriada a adoção do termo “ruptura topográfica” para representar tanto a forma quanto o processo associado (Guerra e Guerra, 2008; Lima e Lupinacci, 2019).

Figura 7 - Mapa do sistema erosivo (Chorrochó - Bahia)

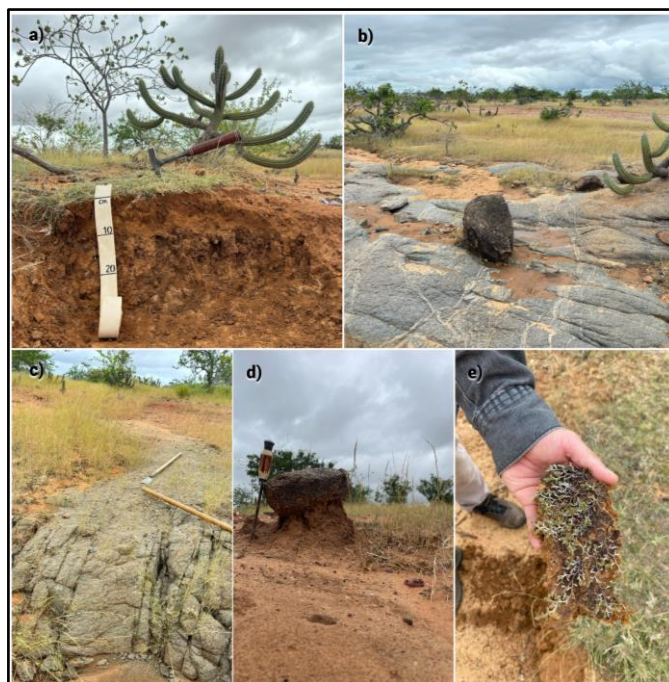


Fonte: Os autores (2024).

Assim, para compreender a dinâmica erosiva da área em estudo, é crucial compreender a influência dos Luvisolos encontrados, que estão ligados diretamente

às atividades erosivas ocorrentes no ambiente, que resultam na ocorrência das feições erosivas lineares. Nesse contexto, apresenta-se a seguir a Figura 8 (a e d), que demonstra alguns registros sobre a ocorrência destes solos na paisagem estudada.

Figura 8 - Registros de trabalho de campo em Chorrochó - BA.



(a) Solo encontrado na área de estudo; (b e c) Afloramento rochoso com diáclases expostas; (d) Solo protegido pela rocha exposta - pináculo erosivo; (e) Biocrosta protegendo o solo.

Fonte: Os autores (2024).

Como apresentado na Figura 8 (a,d), o solo na área de estudo demonstra um alto nível de degradação, evidenciado pela extensa exposição e erosão ao longo do trecho analisado. Embora os afloramentos rochosos possam, em alguns casos, atuar como barreiras naturais, reduzindo a erosão em áreas específicas, eles também contribuem para a intensificação dos processos erosivos. O fraturamento das rochas favorece a infiltração de água, aumentando a desagregação e o transporte de sedimentos. Além disso, fatores como a ação da chuva, a declividade do terreno e a reduzida cobertura vegetal potencializam a erosão, tornando o ambiente ainda mais suscetível à formação de feições erosivas lineares.

No que concerne à exposição do solo, destaca-se que a Tabela 1 revela que a área de solo exposto ocupa 13.140,00 m², em um total de 27.010,00 m², ou seja, representando aproximadamente 48,65% da área total. Essa elevada ocupação, além de remeter a problemáticas intensas, como a perda da cobertura vegetal, o desequilíbrio nos ecossistemas presentes nesses ambientes e a intensa erodibilidade

da terra, também resulta na perda dos nutrientes do solo, na redução de sua capacidade produtiva, na maior susceptibilidade ao processo de desertificação, na limitação da capacidade dos solos quanto à retenção de água e na maior probabilidade de contaminação (Wang *et al.*, 2004; Rios, 2021).

No que se refere aos afloramentos rochosos, a Tabela 1 apresenta que esse parâmetro está distribuído em cerca de 703,00 m², correspondendo a 2,60% da área de estudo em questão, sendo um aspecto físico que requer atenção, pois as rochas expostas são altamente suscetíveis à erosão, especialmente por estarem desprotegidas e expostas a processos químicos e físicos. Entre esses processos, destaca-se a termoclastia, provocada pelas variações de temperatura no semiárido, que fragmenta as rochas, expõe ainda mais o solo e reduz sua resistência. Como consequência, o solo se torna mais frágil e susceptível à degradação, favorecendo o avanço do processo de desertificação (Conti, 2008; Díez-Herrero *et al.*, 2016; Araújo, 2021).

A Figura 8 (b e c), expõe afloramentos rochosos que foram identificados ao longo do trabalho de campo, visto que, a presença de fraturas nas rochas foi identificada ao longo dos registros fotográficos, expondo a intensa atividade erosiva e a ação intempérica do intemperismo mecânico na feição litológica, presente neste ambiente, que retrata a susceptibilidade a intensificação de processos erosivos (Silva, 2013).

Além do mais, a Figura 8 (d) demonstra que, na área de estudo, a presença de pináculos erosivos, que consistem em feições geomorfológicas que surgem em ambientes onde há a intensa atividade erosiva em ambientes semiáridos, que resulta na desagregação dos materiais mais frágeis, permanecendo somente os materiais resistentes e protegendo o solo, isso é evidenciado pelo fato de que o solo ao redor das rochas já foi significativamente erodido, enquanto, nas áreas diretamente sob as rochas, o solo permanece intacto. Ademais, os pináculos erosivos são indicativos da ocorrência de erosão hídrica e do processo de desertificação, expondo o padrão e a intensidade erosiva ocorrente no ambiente (Guerra e Guerra, 2008; Santos *et al.*, 2022).

Referindo-se à cobertura vegetal na área de estudo, destaca-se que cerca de 45% da região é ocupada por vegetação de Caatinga arbustiva. Além disso, foram identificadas biocrostas, que são interações entre partículas do solo e diversos

organismos, incluindo cianobactérias, algas, fungos, líquens e briófitas, que colonizam a camada mais superficial do solo (Benalp *et al.*, 2001; Silva, 2020).

Outrossim, a biocrosta está bastante associada a ambientes semiáridos, funcionando como uma conexão crucial entre os processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos nessas áreas (Rodríguez-Caballero *et al.*, 2017). Dentre as contribuições da biocrosta, destacam-se a maior agregação de partículas de sedimentos, que proporciona maior estabilidade ao solo, além do fornecimento de nutrientes essenciais para as plantas, contribuindo para a resistência a processos erosivos, evitando o desenvolvimento de feições erosivas lineares (Benalp *et al.*, 2001; Chiquoine *et al.*, 2016; Silva, 2020).

Durante o trabalho de campo, foi observada uma considerável degradação da vegetação da área de estudo (Figura 8c). Essa degradação, além de contribuir para o processo de desertificação, pode dificultar a regeneração da vegetação, especialmente quando o grau de dano é elevado. Consequentemente, ocorre a maior exposição dos solos e a perda da biodiversidade local, o que agrava ainda mais os impactos ambientais (Nascimento, 2020).

Assim, o uso de ARP's se faz necessário para o gerenciamento, monitoramento e planejamento do município, bem como, para a aplicação de medidas que visem mitigar os efeitos decorrentes da atuação dos processos erosivos. Além disso, a aplicação do uso de ARP, emerge como uma alternativa de grande contribuição para a execução de práticas que visem recuperar as áreas afetadas e reverter os danos causados pelo estímulo dos processos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi elaborado com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de pesquisas geomorfológicas em ambientes semiáridos tropicais, como o município baiano de Chorrochó, com base na constatação de lacunas significativas em estudos e mapeamentos detalhados sobre desertificação no semiárido baiano. Dessa forma, a metodologia adotada atendeu plenamente às necessidades previamente estabelecidas e foi eficaz na elucidação do tema proposto, em conjunto com o uso de ARP's e dos softwares Agisoft PhotoScan (versão 1.4.5) e QGIS (versão 3.34.1), que foram essenciais para o progresso deste trabalho.

Assim, através da análise dos dados resultantes do mapeamento com ARP's, foi-se possível observar de forma detalhada e precisa a intensificação da atividade

erosiva no trecho de estudo, associada à ação hídrica, que desnuda o solo e torna-o frágil e susceptível a processos erosivos que podem se intensificar, contribuindo para o processo de desertificação. Nesta perspectiva, a utilização de ARP's se destaca como uma ferramenta estratégica para auxiliar na implementação de medidas de mitigação da desertificação em ASD's, permitindo o monitoramento contínuo e detalhado dessas regiões, com dados precisos e recentes, essenciais para o diagnóstico e acompanhamento das ações de recuperação ambiental.

No entanto, apesar das diversas potencialidades oferecidas pelo uso de ARP's durante o trabalho de campo, foram observadas algumas limitações e dificuldades, como as condições climáticas adversas, a exemplo dos fortes ventos, que prejudicaram os registros aéreos, tornando a captura de imagens nítidas mais difícil. Além do mais, a limitação das baterias da ARP muitas vezes impediu a continuidade do voo, restringindo o tempo disponível para a coleta de dados. Outro fator relevante foi a dependência de boas condições de iluminação, já que a qualidade das imagens pode ser comprometida em horários com baixa luminosidade, como no entardecer ou quando há muitas sombras.

Desse modo, nota-se a necessidade de pesquisas em Áreas Suscetíveis à Desertificação, como no município de Chorrochó (BA), que visem cooperar com o planejamento desses ambientes, evitando problemáticas associadas a desastres naturais e sociais. Nesse sentido, espera-se que este trabalho seja ponto de partida para o desenvolvimento de outras pesquisas e que forneça uma referência inicial para distintas propostas cartográficas em ASD's que se proponham a diagnosticar, monitorar e planejar detalhadamente a dinâmica destas áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio, incentivo e investimento fornecidos ao longo deste trabalho, via processo 408197/2021-8.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO. G. S; GOUVEIA, M. I. F; RIDENTE JUNIOR, J. L; CANIL, K. **Prevenção e Controle da Erosão Urbana no Estado de São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21., 1999, João Pessoa/PB. Anais. João Pessoa: UFPB, 1999.

ALMEIDA NETO, R. J.; RAMOS, A. P. Mapeamento de Superfícies Topográficas com uso de drone e técnicas de Aerofotogrametria. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4. n° 5. 2023. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i5.3157>.

ARAÚJO, R. C. **Mapeamento e diagnóstico de suscetibilidade a movimentos de massa na região de Brejo do Cruz, Paraíba**. 2021. 43 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2021.

ARAÚJO, S. K. **Instrumentação para o Ensino de Geografia II**. Secretaria de Educação a Distância (SEDIS), UFRN, 2010.

ANA. **Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos**. Brasília, 2018.

BAHIA. Decreto nº 11.573 de 04 de junho de 2009. Institui, no âmbito do Estado da Bahia, o Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**. 04 de junho de 2009.

BARBOSA, D. C. A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da Caatinga com germinação rápida. pp. 172-174. In: ARAUJO, E. L.; MOURA, A. IN: SAMPAIO. E. V. S. B; GESTINARI, L. M. S.; CARNEIRO. J. M. I. (eds.), **Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da flora do Brasil**. Recife: imprensa Universitária, 2003.

BENALP, J.; BÜDEL, B.; LANGE, O. L. 2001. Taxonomic Composition, Ecology, and Biogeography of Soil-Crust Communities. In: *Biological Soil Crusts: Characteristics and Distribution*. pp. 1–30. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**.

BRASIL. **Programa de ação nacional de combate à Desertificação e mitigação dos Efeitos da Seca**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

BRASIL. Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 31 jul. 2015.

BERGONSE, R. B.; REIS, E. Formas, processos e padrões na erosão por ravinamento: para um enquadramento teórico coerente. **Finisterra**, [S. l.], v. 46, n. 92, 2011. DOI: 10.18055/Finis1314. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/1314>.

CARVALHO, H. S. M.; CASTRO, S. S. Mapeamento e identificação de áreas críticas à erosão hídrica linear: o exemplo do bioma Cerrado no estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 24, nº ESPECIAL. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2373>. Acesso em 09 de setembro de 2024.

CBHSF. **Caatinga: o único bioma exclusivo do Brasil**. 2014. Disponível em: https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/caatinga-o-unico-bioma-

[exclusivo-do-brasil/#:~:text=A%20Caatinga%20%C3%A9%20o%20%C3%BAnico,do%20norte%20de%20Minas%20Gerais](#). Acesso em 24 de junho de 2024.

CERQUEIRA, C. C. S.; LIMA, M. X. Análise do Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) em Perícias Ambientais no Brasil. **Revista Criminalística e Medicina Legal**, v.7, n.1, p. 21 a 28, ISSN 2526-0596. 2022. DOI: <https://doi.org/10.51147/rcml064.2022>.

CHIQUELINE, L. P.; ABELLA, S. R.; BOWKER, M. A. 2016. Rapidly restoring biological soil crusts and ecosystem functions in a severely disturbed desert ecosystem. **Ecol. Appl.** 26: 1260-1272.

CONTI, J. B. O conceito de desertificação. **Revista Climatologia e Estudos da Paisagem**, Vol.3 – n.2. Rio Claro. 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/2091>. Acesso em 10 de setembro de 2024.

COSTA, B. C. **Modelo digital de elevação a partir de imagens de VANT aplicado na identificação de áreas suscetíveis a alagamentos em uma sub-bacia hidrográfica da cidade de Teresina-Piauí**. 2017. Disponível em: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/91>. Acesso em 08 de julho de 2024.

COSTA, S. A. T.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; ALVES, C. P.; SOUZA, C. A. A.; SALVADOR, K. R. S.; SILVA, T. G. F. Técnicas hidricamente eficientes e modelagem: estratégias para a sustentabilidade e intensificação da agricultura frente às mudanças do clima em ambientes suscetíveis à desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 4013-4034. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alexandre-Manicoba-Da-Rosa-Ferraz-Jardim-2/publication/357856977_Tecnicas_hidricamente_eficientes_e_modelagem_estrategias_para_a_sustentabilidade_e_intensificacao_da_agricultura_frente_as_mudancas_do_clima_em_ambientes_suscetiveis_a_desertificacao/links/61e2d9cdc5e310337597bde7/Tecnicas-hidricamente-eficientes-e-modelagem-estrategias-para-a-sustentabilidade-e-intensificacao-da-agricultura-frente-as-mudancas-do-clima-em-ambientes-suscetiveis-a-desertificacao.pdf. Acesso em 11 de setembro de 2024.

DÍEZ-HERRERO, A.; VEGAS, J.; CARCAVILLA, L.; GÓMEZ-HERAS, M.; GARCÍA CORTÉS, A. Monitorización de procesos geomorfológicos activos aplicada a la geoconservación y gestión del uso público en el parque nacional de Cabañeros (Ciudad-Real-Toledo). Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro. **Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Geología y Geofísica**, v. 5, p. 73-80, 2016.

EMBRAPA. **Argissolos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/argissolos>. Acesso em 24 de junho de 2024.

EMBRAPA. **CLIMA: TIPOS CLIMÁTICOS**. 1988. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm#:~:text=BSh%20%E2%80%93>

[%20Clima%20Semi%2D%C3%A1rido%20quente,\(por%20volta%20de%2027%C2%BAC\)](#). Acesso em 24 de junho de 2024.

EMBRAPA. **Luvisolos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/argissolos>. 24 de junho de 2024.

EMBRAPA. **Neossolos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos>. 24 de junho de 2024.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/338818>. Acesso em 24 de junho de 2024.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em 24 de junho de 2024.

FREITAS, S. B.; SILVA, I. A.; LIMA, K. C.; GOMES, D. D. M. Erosão associada a cobertura vegetal no município de Floresta – Semiárido de Pernambuco. In: **IV Congresso Brasileiro de Organização do Espaço**. Anais. 2023.

GALINDO, I. J. S.; PINTO, M. E. G.; SILVA, E. G. S. M.; LIMA, K. C. Degradação ambiental por meio de feições erosivas na bacia hidrográfica do riacho Carro Quebrado no município de Floresta-PE. **International Journal Semiarid**, v. 7, n. 7, p. 244-249. 2024.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de Dados e Informações Ambientais**. 2023. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#!/home>. Acesso em 23 de junho de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados**. 2026. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/chorrocho.html>. Acesso em 18 de mar. De 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produto interno bruto dos municípios**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 24 de junho de 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KRENZ, J. **Assessing small-scale degradation patterns in a heterogeneous semi-arid landscape using aerial imagery: A case study in the Sneeuberg rangelands**,

South Africa. 2019. Ph.D. Thesis, University of Basel, Faculty of Science. Disponível em: http://edoc.unibas.ch/diss/DissB_13673.

KRENZ, J.; GREENWOOD, P.; KUHN, N.J. Soil Degradation Mapping in Drylands Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data. **Soil Systems**, v. 3, ed. 33. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/soilsystems3020033>.

LEITÃO, A. Processos erosivos no Alto Douro Vinhateiro: o caso de estudo da Quinta das Carvalhas. Dissertação de Mestrado em SIG e Ordenamento do Território. FLUP, 107p. 2014.

LEOPOLD, Luna B. Leopold; WOLMAN, M. Gordon Wolman; MILLER, John P. Miller. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco: W. H. Freeman, 1964.

LIMA, J. R.; MAGALHÃES, A. R. Institucionalidade e governança para o combate à desertificação no Brasil. In: MOURA, A. M. M. (Org.). Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas. **Ipea**. Brasília. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9287>. Acesso em 11 de setembro de 2024.

LIMA, K. C.; 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. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i2.2319>.

LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M. MORFOLOGIAS FLUVIAIS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: QUESTÕES TEÓRICAS APLICADAS A UM ESTUDO DE CASO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 20, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1597>.

MARTINS, P. R. P. Emprego dos Sistemas de Aeronaves remotamente pilotadas em apoio à Batalha Profunda. **Revista Âncoras e Fuzis**, n. 49: A Batalha Profunda: modelando o combate. 2022.

NASCIMENTO, F. R. . **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro: o contexto da bacia do rio Acaraú – Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) — Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NASCIMENTO, K. R. P. **Análise da vegetação nativa no Núcleo de Desertificação Cabrobó: ferramentas para a conservação da Caatinga**. 2020. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

OLIVEIRA, M.; SANTOS, L.; OLIVEIRA, J. G. Morfometria e evolução de feições erosivas de grandes dimensões no Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, nº 2. 2023. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i2.2320>.

OLIVEIRA, J. H. M.; MOREIRA, A. S. Análise da rede de drenagem da Bacia do Rio Macururé - BA (Submédio São Francisco) através da aplicação dos índices "Relação Declividade-Xtensão - RDE" e Índice de Gradiente de Canal. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.43-49, 2014.

PETSCH, C.; VOLPATO SCCOTI, A. A.; SOUZA ROBAINA, L. E. de; 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.

RADAMBRASIL, PROJETO. Folha SC. **24/25 Aracaju/Recife**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1983.

RIOS, M. L. **Solos carbonáticos e interações pedogeomorfológicas no Semiárido Baiano: da evolução da paisagem ao processo de desertificação**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belo Horizonte, 2021.

RODRÍGUEZ-CABALLERO, E.; CASTRO, A. J.; CHAMIZO, S.; QUINTAS-SORIANO, C.; GARCIA-LLORENTE, M.; CANTON, Y.; WEBER, B. 2017. Ecosystem services provided by biocrusts: From ecosystem functions to social values. **Journal of Arid Environments** 159: 45-53.

SANTOS, J. M. **Indicadores de desertificação no semiárido brasileiro: o caso de Campo Formoso, Bahia**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

SANTOS, F. A.; LIMA, M. B.; MARTINS, F. V.; SAMPAIO DE CARVALHO, D.; CERQUEIRA, C. C. Geodiversidade no Baixo Vale da Bacia Hidrográfica do rio Piracuruca (Piauí-Brasil). **Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, Guimarães, Portugal, v. 4, n. 1-2, p. 83–99, 2022. DOI: 10.21814/physisterrae.2760.

SANTOS, K. B. S.; SANTOS, A. F. R.; VALÉZIO, E. V.; ALMEIDA, M. A.; SOUZA, S. O. A Cartografia do Relevo e suas contribuições ao planejamento de Áreas Susceptíveis à Desertificação: Aplicações no Submédio Vale do São Francisco. **Revista Contexto Geográfico**, v. 9. nº18. Maceió. 2024. DOI: <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16844>.

SILVA, A. C. S. Influência das assembleias de crostas biológicas na retenção de umidade no solo. In: SENA, P.; PINHO, BX; SOUZA, DG; MELO, FPL; TABARELLI, M.; LEAL, IR (Orgs.). **Ecologia da Caatinga: Curso de Campo**, 2018 . 1.ed. Recife: Ed. UFPE, 2020. pág. 67-75.

SILVA, I. A.; FREITAS, S. B.; LIMA, K. C. Erosão linear no entorno de pequenos açudes: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Riacho do Boi – Semiárido de Pernambuco. **Anais XVI SRHNe**. 2359-1900. Caruaru - PE. 2023. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14138>. Acesso em 09 de setembro de 2024.

SILVA, I. A.; FREITAS, S. B.; SILVA, E. G. S. M.; LIMA, K. C. Feições erosivas no entorno de pequenos açudes do município de Itacuruba-PE. In: **IV Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2022, Belo Horizonte**. Anais. Belo Horizonte. 2022.

SILVA, W. C. Mapeamento das áreas vulneráveis à ocorrência de erosão mecânica superficial em primavera do Leste - MT. **Nativa**, Sinop, v.01, n.01, p.18-23. 2013. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1331/pdf>. Acesso em 10 de setembro de 2024.

SOARES, L. **A Importância das Formações Superficiais no Âmbito dos Processos de Erosão Hídrica e Movimentos de Vertente no NW de Portugal**. Dissertação apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto para a obtenção do grau de doutor na especialidade de Geografia no ramo de conhecimento em Geografia Física, 887 p. 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. Erosão nos Campos Sulinos: arenização no Sudoeste no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 61-74, 2011.

TOMÁS, P. **Erosão Hídrica do Solo**. Lisboa. 22 p. 1993.

WANG, S. J.; LIU, Q. M.; ZHANG, D. F. Karst rocky desertification in southwestern China: geomorphology, landuse, impact and rehabilitation. **Land degradation & development**, v. 15, n. 2, p. 115-121. 2004.

XAVIER, J. P. S.; COUTINHO, E. A. T.; TAVARES, K. C. O.; LISTO, D. G. S.; LISTO, F. L. T. Erosões lineares no Semiárido Pernambucano: Avaliação de uma parcela erosiva em microescala na Depressão São Franciscana. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, nº 2. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID19303>.

XIAO, W.; REN, H.; SUI, T.; ZHANG, O.; ZHAO, Y.; HU, Z. A drone- and feld-based investigation of the land degradation and soil erosion at an opencast coal mine dump after 5 years' evolution of natural processes. **International Journal of Coal Science & Technology**, v. 9, ed. 42. 2022. <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00513-0>.

Recebido em 11 de agosto de 2025

Aceito em 20 de março de 2026