

DOI: 10.25100/eg.v0i30.15174

Espacio y Territorios



Aeronaves remotamente pilotadas no mapeamento de riscos: contribuições metodológicas a partir de experiências no sul do Brasil

Aeronaves pilotadas a distancia en el mapeo de riesgos: contribuciones metodológicas desde experiencias en el sur de Brasil

Remotely piloted aircraft in risk mapping: methodological contributions from experiences in southern Brazil

Otacílio Lopes de Souza da Paz¹

Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, Brasil. otacilio.paz@unespar.edu.br | 0000-0002-1273-2562

Lais Almeida Nadolny da Silva²

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. lais.nadolny@ufpr.br | 0009-0008-9521-6520

Laura Fernanda Vaz de Oliveira³

³ Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. laura.vaz@ufpr.br | 0009-0002-5706-1931

Martha Cavalheiro Böck⁴

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. martha.bock@ufpr.br | 0000-0002-4508-2914

Lucas Rangel Eduardo Silva⁵

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. lucas.rangel@ufpr.br | 0009-0009-3308-2659

¹ Doutor e mestre em Geografia - linha Paisagem e Análise Ambiental (UFPR). Bacharel e Licenciado em Geografia (UFPR). Professor Adjunto da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Campus União da Vitória. Atua e desenvolve projetos nos seguintes temas: Sistemas Fluviais, Geomorfologia Fluvial, Ordenamento Territorial e Geoprocessamento.

² Mestranda em Planejamento Urbano pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e bacharel em Geografia pela mesma instituição. Desenvolve pesquisas e atua nas áreas de geoprocessamento aplicado ao planejamento ambiental, gestão territorial e análise de riscos ambientais.

³ Cientista Ambiental, pós-graduanda em Gestão Ambiental. Atua como bolsista em projetos no Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (LAGEAMB). Desenvolve pesquisas nas áreas de Planejamento Territorial, Ciências Socioambientais, Ordenamento Territorial, Políticas Públicas de Reforma Agrária e Geoprocessamento.

⁴ Mestre em Geografia pela UFPR (2025), Bacharel e licenciada em Geografia pela UFPR (2022 e 2023) e especialização em Gestão Ambiental pelo PECCA UFPR (em andamento). Com atuação e interesse nos seguintes temas: espeleologia, geoprocessamento, mapeamento de áreas de risco e supervisão ocupacional de assentamentos da reforma agrária.

⁵ Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Bacharel em Engenharia Ambiental e Urbana (2018) e em Ciência e Tecnologia (2016) pela Universidade Federal do ABC (UFABC).



Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Correspondência: Otacílio Lopes de Souza da Paz. Universidade Estadual do Paraná, Praça Coronel Amazonas, s/nº – Caixa Postal 57. União da Vitória, Brasil. Corre-o: otacilio.paz@unespar.edu.br

Fernanda de Souza Sezerino⁶

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. fernanda.sezerino@ufpr.br | 0000-0003-3028-6372

Eduardo Vedor de Paula⁷

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. edugeo@ufpr.br 0000-0002-1847-0161

Para citar este artigo: Paz, O., da Silva, L., de Oliveira, L., Böck, M., Silva, L., Sezerino, F. e de Paula. (2025). Aeronaves remotamente pilotadas no mapeamento de riscos: contribuições metodológicas a partir de experiências no sul do Brasil. *Entorno Geográfico*, (30), e20715174. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i30.15174>

Resumo

As aeronaves remotamente pilotadas (RPAs) têm se consolidado como importantes ferramentas na coleta de imagens para projetos técnicos/científicos em diversas áreas. Esses equipamentos, ao possibilitarem a coleta de imagens com elevada resolução espacial e temporal, contribuem para a elaboração de estudos de ordenamento territorial, a exemplo do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR). Este instrumento utiliza imagens oblíquas capturadas por RPAs para apoiar uma cartografia de riscos. No entanto, o guia nacional para a elaboração de PMRR apresenta recomendações iniciais sobre o uso de RPAs, sendo necessário um aprofundamento acerca dos procedimentos metodológicos. O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir procedimentos para o uso de RPAs no apoio à cartografia de risco, tomando como estudo de caso os PMRR em desenvolvimento para os municípios de Colombo e Paranaguá (sul do Brasil). Este estudo apresenta e discute um desenho metodológico que envolve fases e etapas relacionadas, abrangendo momentos de pré-campo, campo e pós-campo. Além de confirmar a eficiência das RPAs como apoio a construção da cartografia de risco municipal, este trabalho também apresenta os desafios operacionais encontrados, as soluções adotadas e as boas práticas propostas, oferecendo uma base metodológica para o uso de RPAs na elaboração de PMRR.

Palavras-chave: ordenamento territorial, resiliência ambiental, mitigação, tecnologia aplicada e favelas

⁶ Gestora Ambiental e geógrafa, mestre em Desenvolvimento Territorial Sustentável e Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Atua na gestão de projetos no Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (LAGEAMB) e desenvolve pesquisas em Planejamento ambiental, Ordenamento territorial, Gestão de riscos, Políticas Públicas socioambientais e Justiça Ambiental.

⁷ Geógrafo, mestre e doutor em Geografia pela UFPR. Pós-doutor em Ordenamento Territorial na Universidade do Cuyo (Mendoza, Argentina). Tem experiência na gestão de projetos e equipes interdisciplinares na área de Planejamento e Gestão Ambiental do Território. É coordenador do nó latino-americano da RIDOT (Red Iberoamericana de Observación Territorial).

Resumen

Las aeronaves pilotadas a distancia (RPAs) se han consolidado como importantes herramientas en la recolección de imágenes para proyectos técnico-científicos en diversas áreas. Estos equipos, al permitir la adquisición de imágenes de alta resolución espacial y temporal, contribuyen a estudios de ordenamiento territorial, como el Plan Municipal de Reducción de Riesgos (PMRR), que emplea imágenes oblicuas captadas por RPAs para apoyar la cartografía de riesgos. Sin embargo, la guía brasileña para la elaboración de PMRR solo presenta recomendaciones iniciales sobre el uso de RPAs, lo que hace necesaria una profundización metodológica. El objetivo del presente trabajo es presentar y discutir procedimientos para el uso de RPAs en la cartografía de riesgos, considerando los PMRR en desarrollo en Colombo y Paranaguá, sur de Brasil. Este estudio presenta y discute un diseño metodológico que comprende fases relacionadas con el pre-campo, campo y post-campo. Además de confirmar la eficiencia de las RPAs en la cartografía de riesgos, este estudio también presenta los desafíos operacionales encontrados, las soluciones adoptadas y las buenas prácticas propuestas, ofreciendo una base metodológica para el uso de RPAs en la elaboración de PMRR.

Palabras clave: ordenamiento territorial, resiliencia ambiental, mitigación, tecnología aplicada y barrios marginales

Abstract

Remotely piloted aircraft (RPAs) have been established as important tools for image collection in technical and scientific projects across various fields. These devices, by enabling the acquisition of high spatial and temporal resolution images, contribute to the development of land-use planning studies, such as the Municipal Risk Reduction Plan (PMRR). This instrument, adopted in Brazilian territory, utilizes oblique images captured by RPAs to support risk cartography. However, the national guide for PMRR development provides only initial recommendations regarding the use of RPAs, highlighting the need for further methodological refinement. This study aims to present and discuss procedures for using RPAs in support of risk cartography, taking as a case study the PMRRs under development in the municipalities of Colombo and Paranaguá (southern Brazil). The study outlines and discusses a methodological framework that involves interconnected phases and

steps, covering pre-fieldwork, fieldwork, and post-fieldwork stages. In addition to confirming the efficiency of RPAs in constructing municipal risk cartography, this study also highlights operational challenges encountered, solutions adopted, and proposed good practices, providing a methodological foundation for the use of RPAs in PMRR development.

Keywords: land use planning, environmental resilience, mitigation, applied technology and slums

Recebido: 21 de agosto de 2025

Aceito: 15 de setembro de 2025

Publicado: 15 de outubro de 2025

1. Introdução

As aeronaves remotamente pilotadas (RPA, do inglês *Remotely Piloted Aircraft*), popularmente conhecidas como drones, vem se consolidando como importantes ferramentas para a coleta de imagens e vídeos, contribuindo significativamente para a execução de projetos técnicos e científicos em diversas áreas (Eugenio e Zago, 2019; Paz et al., 2023). Essa popularização é impulsionada, entre outros fatores, pela crescente acessibilidade comercial e operacional desses equipamentos.

Desde a década de 2010, o uso de RPAs tem se expandido, com aplicações em diversos campos do conhecimento, como a fotogrametria (Colomina e Molina, 2014; Sopchaki et al., 2018), a análise e o monitoramento de ecossistemas (Hyun et al., 2020; Vikou et al., 2023), a agricultura (Barbosa et al., 2021; Meivel e Maheswari, 2020), a geomorfologia (Cunha et al., 2020; Paz e Vedor de Paula, 2022), entre outros.

À medida que essa tecnologia se populariza em diversos campos, além de reproduzir procedimentos e análises já realizados com o sensoriamento remoto orbital, ela propicia o surgimento de novas possibilidades por meio do desenvolvimento e aprimoramento de metodologias que exploram não somente a elevada resolução espacial obtida, mas também a resolução temporal e as distintas técnicas de processamento, abrindo caminho para abordagens inovadoras (Paz et al., 2023).

Um evidente exemplo desse potencial é a aplicação de RPAs na análise de processos perigosos que representam riscos às comunidades humanas, como inundações e movimentos

de massa (Buffon et al., 2018; Cabral et al., 2021). Essa tecnologia permite a obtenção de imagens com resolução espacial inferior a 1 metro, além da geração de modelos digitais de superfície ou terreno, ambos produtos com custos significativamente menores em comparação com a compra de imagens orbitais. Além disso, sua elevada resolução temporal possibilita a rápida coleta de dados em áreas afetadas por eventos extremos.

Nesse contexto, as RPAs demonstram potencial para contribuir com o planejamento e o ordenamento territorial, ao possibilitar a análise dos assentamentos humanos frente a processos perigosos e ameaças. No Brasil, essa aplicação já se institucionalizou por meio da utilização das imagens capturadas por RPA na elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) (Ministério das cidades, 2024).

O PMRR é um instrumento previsto na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil brasileira instituída pela Lei Federal nº 12.608/2012 (Presidência da República do Brasil, 2012) que estabelece dentre as competências dos municípios: o mapeamento das áreas de riscos de desastres, a fiscalização e vedação de novas ocupações em áreas de risco, a elaboração de plano de implantação de obras e serviços para a redução de riscos (Presidência da República do Brasil, 2012, arts. 8 e 22). Em 2024, o fomento à elaboração destes planos está sendo realizado pela Secretaria Nacional de Periferias (Ministério das Cidades), focada nas populações periféricas mais vulneráveis. Em parceria com 16 universidades públicas, via um Termo de Execução Descentralizada (Ministério das Cidades, 2023), além da elaboração dos planos de 20 municípios prioritários selecionados, espera-se aprimorar a metodologia para mapeamento de riscos.

Na elaboração dos PMRR, o uso das RPAs ocorre na Etapa II, focada no mapeamento do risco (Ministério das cidades, 2024). Após a sistematização dos dados secundários (como cadastros, relatórios técnicos, trabalhos científicos, bases cartográficas, mapeamentos prévios e registros de ocorrências), procede-se à definição das áreas prioritárias para o mapeamento a partir desses dados e das orientações do comitê gestor municipal. O mapeamento deve abranger os assentamentos em risco, suscetíveis a processos como movimentos de massa, erosão, inundação, marés, enxurradas e outros eventos associados à crise climática (Ministério das cidades, 2024).

Para complementar essa etapa realiza-se o sobrevoo das áreas, utilizando as RPAs com o objetivo de obter imagens oblíquas (câmera em ângulo aproximado de 40° a 50°) que permitam a identificação das áreas-alvo e a preparação de materiais gráficos e cartográficos necessários à atualização e/ou à delimitação dos setores de risco (Ministério das cidades, 2024). Essa identificação é efetuada em escala que permita a visualização de edificações, ruas, bairros ou microbacias, contribuindo para análise e interpretação dos produtos derivados.

O relatório final dessa etapa contém o mapeamento de risco e os setores de risco (elaborados e/ou atualizados). Esses resultados subsidiam a etapa seguinte (Etapa III), que trata das ações estruturais e não estruturais recomendadas pelo PMRR. Embora o guia nacional para elaboração dos planos já contemple o uso de RPAs (Ministério das cidades, 2024), essa integração ainda é introdutória, indicando a necessidade de aprofundar os procedimentos metodológicos. Diante disso, esta pesquisa busca responder como o uso de RPAs, aliado à participação social, pode contribuir para o refinamento da cartografia de riscos em áreas urbanas vulneráveis. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar e discutir procedimentos metodológicos para o uso de RPAs no apoio ao mapeamento de riscos, tomando como estudo de caso os PMRR em desenvolvimento para os municípios de Colombo e Paranaguá, ambos localizados no sul do Brasil.

2. Procedimentos metodológicos

2.1. Área de estudo

A elaboração dos PMRRs de Colombo e Paranaguá, tomados como estudo de caso para esse artigo, teve início em abril de 2024, a partir da cooperação entre a Secretaria Nacional de Periferias, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR), com execução pelo Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da UFPR (LAGEAMB/UFPR), e apoio das prefeituras municipais. A localização dos municípios de Colombo e Paranaguá é apresentada na Figura 1.

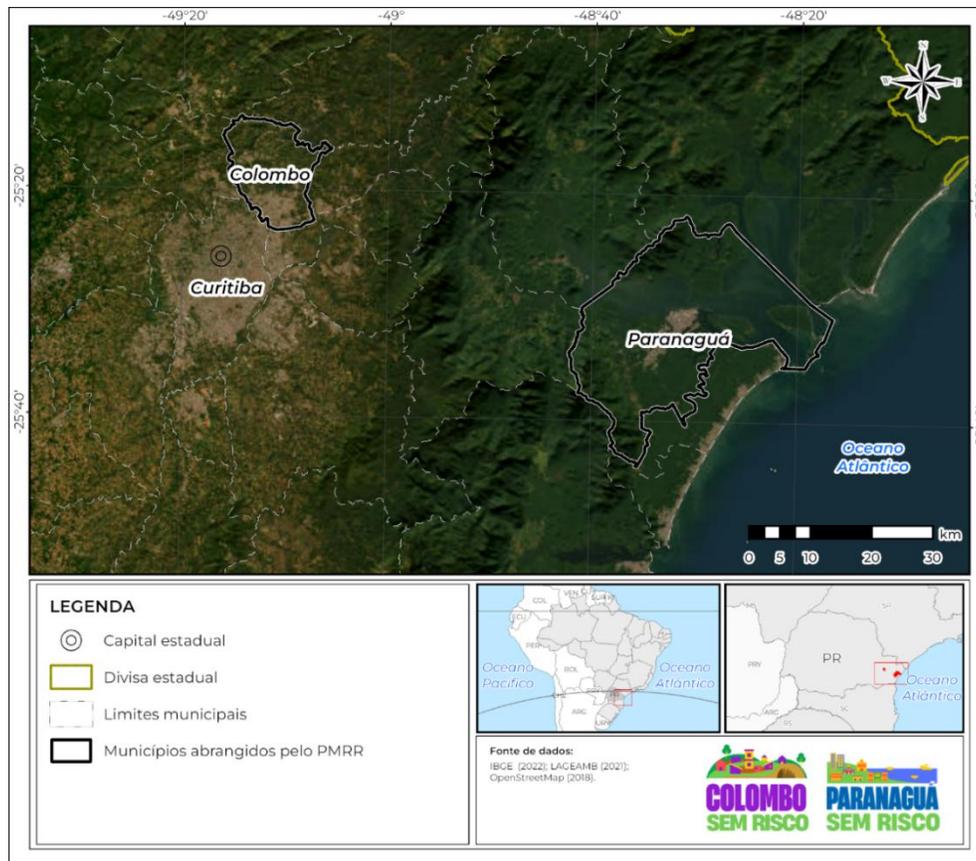


Figura 1. Localização dos municípios de Colombo e Paranaguá – Paraná/Sul do Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores

Colombo é um município na porção norte da região metropolitana de Curitiba, capital do Paraná. Apresenta uma população estimada para 2024 de 240.720 habitantes, dos quais 21.304 (9.2%) residem em favelas (IBGE, 2025a). A altimetria varia de 840 a 1110 metros, sendo o quadrante norte do município caracterizado por um relevo ondulado a forte ondulado, enquanto a porção sul apresenta áreas planas, associadas a planícies fluviais (LAGEAMB/UFPR, 2024a; Santos et al., 2006). Destaca-se a ocorrência de rochas carbonáticas na parte norte (Formação Capirú/Grupo Açungui), relacionada a um contexto cárstico e à exploração mineral para a produção de cal e corretivo de solo (Hindi et al., 2002; LAGEAMB/UFPR, 2024a; MINEROPAR, 2006). Nesse cenário ambiental, observam-se ameaças decorrentes de processos hidrológicos (alagamentos e/ou inundações), geológicos/geomorfológicos (deslizamentos e afundamentos cársticos) e tecnológicos

(qualidade do ar) (LAGEAMB/UFPR, 2024a).

Paranaguá é o principal município do litoral paranaense, distante cerca de 90 km de Curitiba. Apresenta uma população estimada para 2024 em 149.819 habitantes, dos quais 68.839 (47.2%) residem em favelas (IBGE, 2025b). As altitudes variam do nível do mar até 1497 metros, com duas macropaisagens distintas: a Serra do Mar e a planície litorânea. A Serra do Mar, sustentada por rochas ígneas e metamórficas, apresenta acentuadas declividades, enquanto a área da planície litorânea, onde se situa o núcleo urbano de Paranaguá, é caracterizada por depósitos sedimentares recentes (LAGEAMB/UFPR, 2024b). Destaca-se, ainda, a existência do porto de Paranaguá, que acarreta riscos tecnológicos inerentes à intensa atividade portuária. Nesse cenário ambiental, observam-se ameaças decorrentes de processos hidrológicos (alagamentos e/ou inundações), geológicos/geomorfológicos (deslizamentos) e tecnológicos (atividades industriais-portuárias) (LAGEAMB/UFPR, 2024b).

Os procedimentos para o uso de RPAs no apoio à cartografia de risco foram divididos em três fases: Pré-campo, Campo e Pós-campo. Cada fase engloba um conjunto de demandas que, ao serem cumpridas, possibilitam o avanço para a fase subsequente. Uma síntese gráfica das fases e demandas encontra-se apresentada na Figura 2.



Figura 2. Síntese gráfica das fases e demandas de aplicação de RPAs no mapeamento de risco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

2.2. Fase I: pré-campo

Na fase de pré-campo, após a sistematização dos dados secundários, foram identificadas as áreas de interesse para sobrevoo. Tais áreas contemplam assentamentos humanos em risco, suscetíveis a processos perigosos e ameaças encontradas nos contextos ambientais em estudo. Essa identificação foi realizada a partir dos dados secundários e, posteriormente, refinada por meio de diálogos com a comunidade e com o comitê gestor municipal, além da realização de trabalhos de campo.

Para assegurar a qualificação técnica da equipe na operação das RPAs, com cumprimento das normativas vigentes no contexto brasileiro, foi oferecido um curso de extensão teórico-prático. Com a conclusão do curso, os participantes foram cadastrados na plataforma de Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARPAS NG). Além da formação inicial, adotou-se um modelo de capacitação continuada, permitindo que pilotos e pilotos consolidassem e ampliassem suas habilidades operacionais durante as atividades de campo.

Com a definição das áreas de interesse e a formação do corpo técnico, parte-se para o planejamento dos levantamentos com as RPAs. Essa etapa abrange aspectos logísticos, a obtenção de autorizações e as atividades de comunicação. No que se refere à logística, foram definidos os pontos de decolagem e pouso das RPAs, as rotas a serem percorridas em campo, a quantidade de baterias a ser utilizada e as restrições de voo (como a proximidade de aeroportos e helipontos).

Sobre as autorizações para voo, foram realizadas solicitações de acesso ao espaço aéreo na plataforma SARPAS NG, além do atendimento às demais exigências legais, como a contratação de seguros e a obtenção de termo de anuência dos helipontos e aeroportos próximos às localidades de interesse. Considerando possíveis imprevistos, como condições climáticas adversas ou a indisponibilidade das lideranças locais, ou membros do comitê gestor municipal que tenham interesse em acompanhar o levantamento, as autorizações foram solicitadas para um período mais amplo, garantindo uma janela de tempo maior.

Quanto às atividades de comunicação, visando esclarecer a finalidade do levantamento e envolver os moradores no processo, foram distribuídos panfletos e cartões informativos, além

de postagens em redes sociais. Também foram compartilhadas formas de contato (aplicativo de mensagem e telefônico), permitindo que a comunidade esclareça dúvidas, ofereça comentários ou sugestões.

2.3. Fase II: campo

Para a realização dos levantamentos, foram utilizados dois modelos de RPA: Mavic 2 Pro e Mavic Air 2, ambas da fabricante DJI. Tanto o veículo utilizado em campo quanto a equipe técnica estavam devidamente identificados, por meio de adesivos, uniformes e crachás (Figura 3). A equipe de levantamento era composta por três membros: um piloto, um copiloto e um comunicador.



Figura 3. Equipe técnica nos campos para imageamento com RPA.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O piloto era responsável pela operação da RPA, controlando-a manualmente e registrando as imagens. O copiloto prestava apoio às operações de voo, auxiliando nos procedimentos de decolagem e pouso, certificando-se de que o piloto recubra toda a localidade com imagens no padrão adequado de angulação e enquadramento, além de manter contato visual contínuo com a aeronave durante o voo. Já o comunicador era responsável por interagir com os membros da comunidade, atendendo dúvidas e comentários, com distribuição de panfletos e cartões de contato, reforçando os objetivos do PMRR e os canais oficiais de comunicação.

Ao chegar na localidade de interesse, o responsável pela comunicação circulava pelo local com o objetivo de conversar com os moradores próximos, explicando o procedimento que seria realizado. Enquanto isso, o piloto e o copiloto verificavam o ponto de decolagem e realizavam o preparo da RPA, instalando bateria e conferindo hélices e demais estruturas do equipamento. Após as ações do comunicador e com a confirmação de que não houve contato por parte dos helipontos ou aeroportos indicando alguma restrição, o voo era iniciado. Geralmente, o levantamento era acompanhado por um representante do comitê gestor, embora nem sempre isso fosse possível.

Cabe destacar que o voo não seguia um trajeto automático predefinido em aplicativo, sendo esse realizado manualmente. Essa estratégia confere maior autonomia no registro das imagens, com possibilidade de ajustes em tempo real para favorecer a representação dos alvos de interesse, como ajustes do ângulo da câmera, altura da RPA (dentro da conformidade legal) e configurações da imagem (exposição, brilho, contraste ou balanço de branco). Isso foi especialmente importante considerando que os levantamentos foram realizados em diversos dias, sendo observadas variações nas condições atmosféricas que influenciaram a iluminação. Ressalta-se que foram registradas imagens gerais, que abrangiam o contexto da localidade, e imagens focadas em áreas que tinham indicativos de maior vulnerabilidade aos processos perigosos, para serem vistoriadas nos campos de setorização.

Em seguida, conforme a disponibilidade de bateria, foram registradas imagens zenitais (câmera a 90°) com o objetivo de gerar ortomosaicos. Vale ressaltar que esse produto extra visa contribuir para a análise e o aprimoramento metodológico, uma vez que o foco principal do PMRR se dá nas imagens oblíquas, as quais consomem menos bateria e permitem a construção de um instrumento de planejamento em escala municipal. A criação de ortomosaicos para todas as áreas de interesse, tanto em Colombo quanto em Paranaguá, seria inviável diante das restrições de recursos financeiros e de tempo.

Sempre que possível, as imagens eram apresentadas aos moradores interessados e aos membros do comitê gestor, visando coletar sugestões para melhor representação dos alvos de interesse ou simplesmente para atender à curiosidade. Ao término do voo, com o equipamento em solo, era feita uma breve conferência das imagens registradas e da estrutura

da RPA (bateria, hélices e demais partes). Com tudo em ordem, procedia-se ao recolhimento do equipamento e à finalização da atividade.

2.4. Fase III: pós-campo

As demandas de pós-campo envolveram o armazenamento dos dados, o pré-processamento, o processamento e a produção de produtos gráficos e cartográficos. Após os levantamentos de campo, as imagens registradas foram copiadas dos cartões de memória microSD das RPAs e armazenadas em uma base de dados do projeto. Durante o armazenamento, os dados foram sistematizados, com as imagens brutas salvas com nomes padronizados conforme a área de interesse sobrevoada, além de serem realizados *backups* em nuvem e mídia física.

O pré-processamento das imagens teve início com a separação das imagens oblíquas das zenitais. Em seguida, foram eliminadas imagens irrelevantes para o projeto (ex.: imagens registradas em solo, para fins de teste ou calibrações). A seguir, as imagens foram organizadas em sequência lógica e espacial, de modo a fornecer suporte direto à equipe de campo. Para garantir a cobertura completa da localidade, foram definidos pontos de referência estratégicos, incluindo elementos topográficos e toponímias locais. A inserção dessas toponímias de referência no material cartográfico permitiu que a equipe identificasse cada edificação durante as atividades em campo, correlacionando os dados visuais obtidos por meio das imagens com os relatos e informações fornecidas pelos moradores. Esse procedimento facilitou a associação entre os indicadores observáveis no ambiente e os registros coletados diretamente junto à população, contribuindo para a precisão da caracterização socioespacial da área.

No processamento, os procedimentos foram realizados em duas frentes. Nas imagens oblíquas, identificou-se a necessidade de aplicar ajustes de correção de cores e realces para melhorar a visualização dos alvos. Para tal, foram utilizados o *Adobe Lightroom* (proprietário) e o *IrfanView* (gratuito). Já as imagens zenitais foram processadas no *software* livre *Web Open Drone Mapping* (WebODM), o qual utiliza o algoritmo *Structure from Motion* (SFM) para reconstruir a estrutura tridimensional da cena, com geração de ortomosaicos (Westoby et al., 2012).

Tanto as imagens oblíquas como os ortomosaicos foram utilizados na elaboração de produtos gráficos e cartográficos preliminares, a partir dos *softwares Adobe Lightroom, ArcPRO e QGIS*. Tais produtos subsidiaram as oficinas participativas e os campos de setorização destinados ao refinamento da cartografia de risco. A realização de oficinas consiste em uma abordagem colaborativa fundamental para a construção de um PMRR, contribuindo para que o plano traga as percepções e necessidades da comunidade local. Dada a importância dessa etapa, uma publicação futura poderá explorar em maior verticalidade esse processo. Após a condução das oficinas participativas e dos campos de setorização, foram gerados os produtos gráficos e cartográficos finais dos setores de risco identificados ou atualizados, os quais foram incorporados ao relatório da Etapa II.

3. Resultados e discussões

Os resultados serão apresentados em dois tópicos. O primeiro tópico oferece uma síntese dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia desenvolvida. O segundo tópico foca nos desafios operacionais encontrados durante a condução dos levantamentos, nas soluções adotadas e nas recomendações de boas práticas.

3.1. Síntese dos resultados obtidos

As campanhas de campo ocorreram entre agosto e novembro de 2024 (4 meses), totalizando 24 dias, sendo 7 em Colombo e 17 em Paranaguá. No período, 59 localidades foram imageadas com RPAs, distribuídas entre 16 em Colombo e 43 em Paranaguá (Figura 4 e Figura 5). Cabe destacar que as operações em Paranaguá demandaram um número maior de dias de campo devido ao deslocamento mais complexo, envolvendo transporte terrestre e travessias pela baía.

Quanto aos dados coletados, considerando apenas as imagens oblíquas, as 16 localidades visitadas em Colombo geraram um total de 22.8 GB, distribuídos em 2636 imagens. Já em Paranaguá, as 43 localidades resultaram em 52.3 GB, correspondentes a 4112 imagens. Essa diferença está relacionada ao maior número de localidades identificadas em Paranaguá,

associado à diversidade de processos perigosos e ameaças encontradas, bem como à presença de uma maior população em condições de vulnerabilidade ($\cong 47\%$).

As imagens coletadas pelas RPAs, somadas aos dados secundários obtidos previamente e associadas às oficinas participativas e campos de setorização realizados posteriormente, resultaram na identificação dos processos perigosos e ameaças em cada localidade visitada. Em diversos casos, os processos ocorrem de forma concomitante, com efeitos sinérgicos e cumulativos, impactando as comunidades.

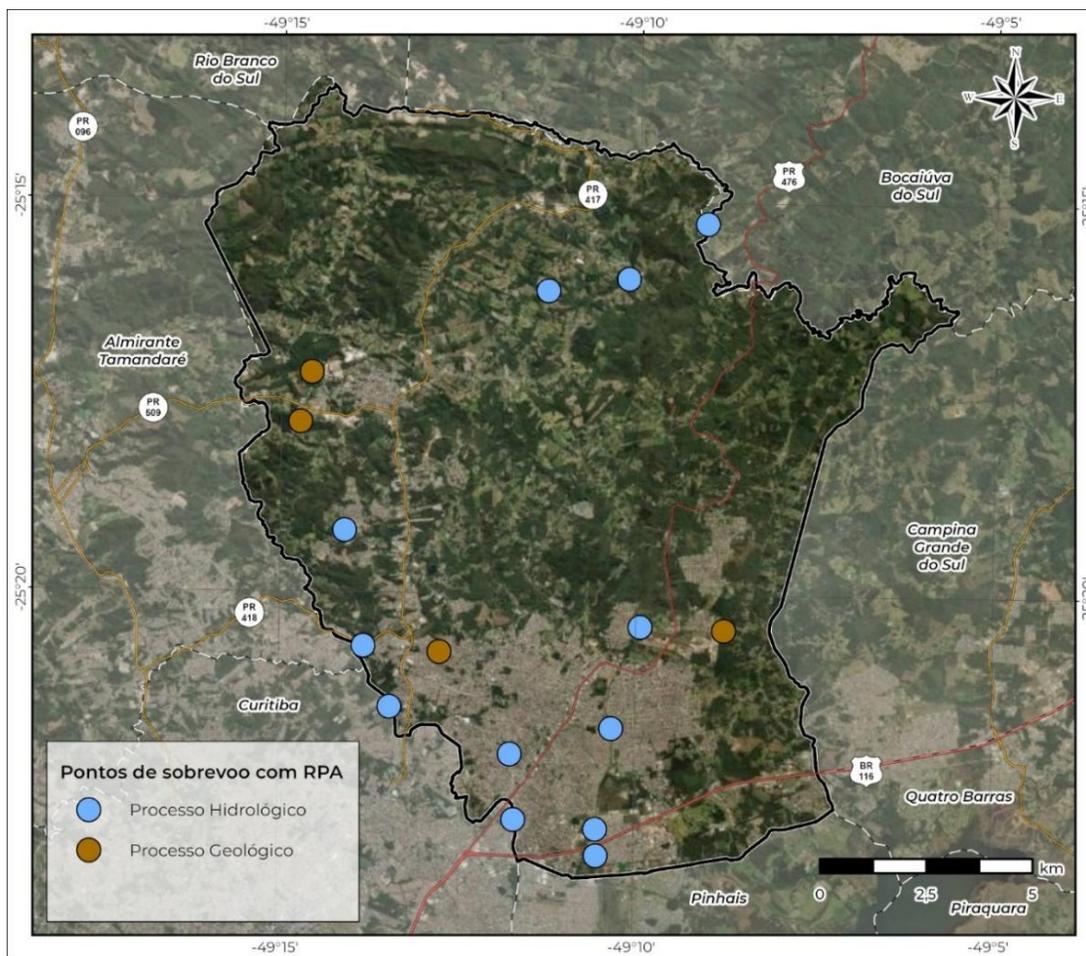


Figura 4. Localidades imageadas e processos perigosos e ameaças associados em Colombo/PR.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

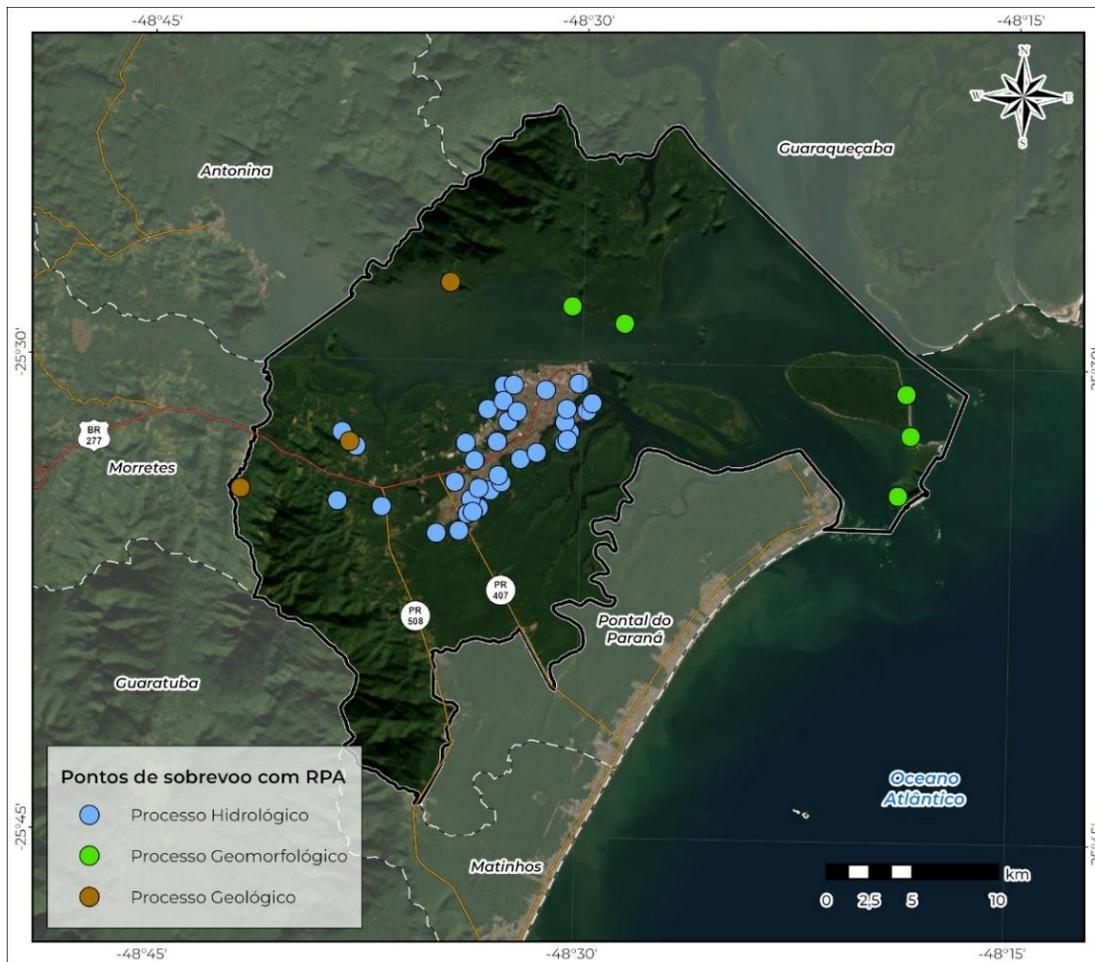


Figura 5. Localidades imageadas e processos perigosos e ameaças associados em

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Conforme indicado, Colombo teve 16 localidades visitadas, sendo 12 suscetíveis a processos hidrológicos (alagamento e/ou inundação) e 4 suscetíveis a processos geológicos (deslizamento, solapamento e rastejo). Embora tenham sido identificadas em campo localidades suscetíveis a afundamentos cársticos, não foi possível delimitar setores de risco valendo-se da metodologia do PMRR, restando apenas reforço da importância do monitoramento dessas áreas já consideradas no Plano Diretor Municipal. Paranaguá, por sua vez, com 43 localidades analisadas, registrou 35 localidades suscetíveis a processos hidrológicos (alagamento e/ou inundação e enxurrada), 5 suscetíveis a processos geomorfológicos (erosão costeira) e 3 suscetíveis a processos geológicos (deslizamento e

solapamento). Cabe destacar que, embora a classificação aqui apresentada tenha sido feita com base no processo perigoso e ameaça mais evidente, foi comum observar localidades sujeitas a múltiplos processos.

Exemplos de imagens oblíquas coletadas são apresentadas na Figura 6. A primeira imagem (Figura 6A) ilustra o rio Palmital e sua proximidade com a comunidade da Vila Liberdade, em Colombo/PR, localizada próxima à rodovia BR 116. Essa área apresenta histórico de inundações, conforme relatado pelo comitê gestor municipal, por moradores consultados em campo e pela literatura (Buffon e Paz, 2018).



Figura 6. Exemplos de imagens oblíquas coletadas por RPA. A: Imagem registrada na localidade Vila Liberdade, em Colombo/PR ($25^{\circ}23'11.84''S$ - $49^{\circ}10'37.86''O$). B: Imagem registrada na localidade Alexandra, em Paranaguá/PR ($25^{\circ}32'38.47''S$ - $48^{\circ}38'1.25''O$).

Fonte: Elaborado pelos autores

Já a segunda imagem (Figura 6B), registrada em Paranaguá/PR, mostra a comunidade de Alexandra, situada próxima à rua Silvino Trípole, em relação a um morro. Com base em consulta ao comitê gestor municipal, essa área apresenta histórico de deslizamentos. Cabe salientar que essas são apenas algumas das imagens coletadas, sendo registrados outros ângulos da paisagem da mesma localidade durante o trabalho de campo.

Tais imagens oblíquas, após os processos de organização, seleção e processamento, foram levadas para as oficinas participativas e campos de setorização, onde foi possível atualizar e/ou definir os limites dos setores de risco e a hierarquização do risco. Exemplos desse processo está apresentado na **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Este exemplo demonstra como o produto gráfico preliminar foi utilizado nas oficinas participativas e nos campos de setorização, com o objetivo de identificar a extensão dos impactos dos processos perigosos, bem como a identificação dos moradores (informação restrita às autoridades).

Nas oficinas participativas, as imagens eram apresentadas à comunidade com o objetivo de identificar os pontos de ocorrência dos processos perigosos na localidade, visando pré-delimitar as áreas a serem priorizadas nos campos de setorização. Além disso, durante essas oficinas, com o uso desse material, foi possível identificar as residências com maior vulnerabilidade, pois, na maioria dos casos, os participantes apontavam situações que exigiam maior atenção da equipe durante o trabalho de campo. Todas essas informações foram registradas no material, tanto pela equipe quanto pelos participantes. Dessa forma, nos campos de setorização, com o uso desse mesmo material, realizava-se a consulta, a validação das informações coletadas e a pré-setorização do risco.

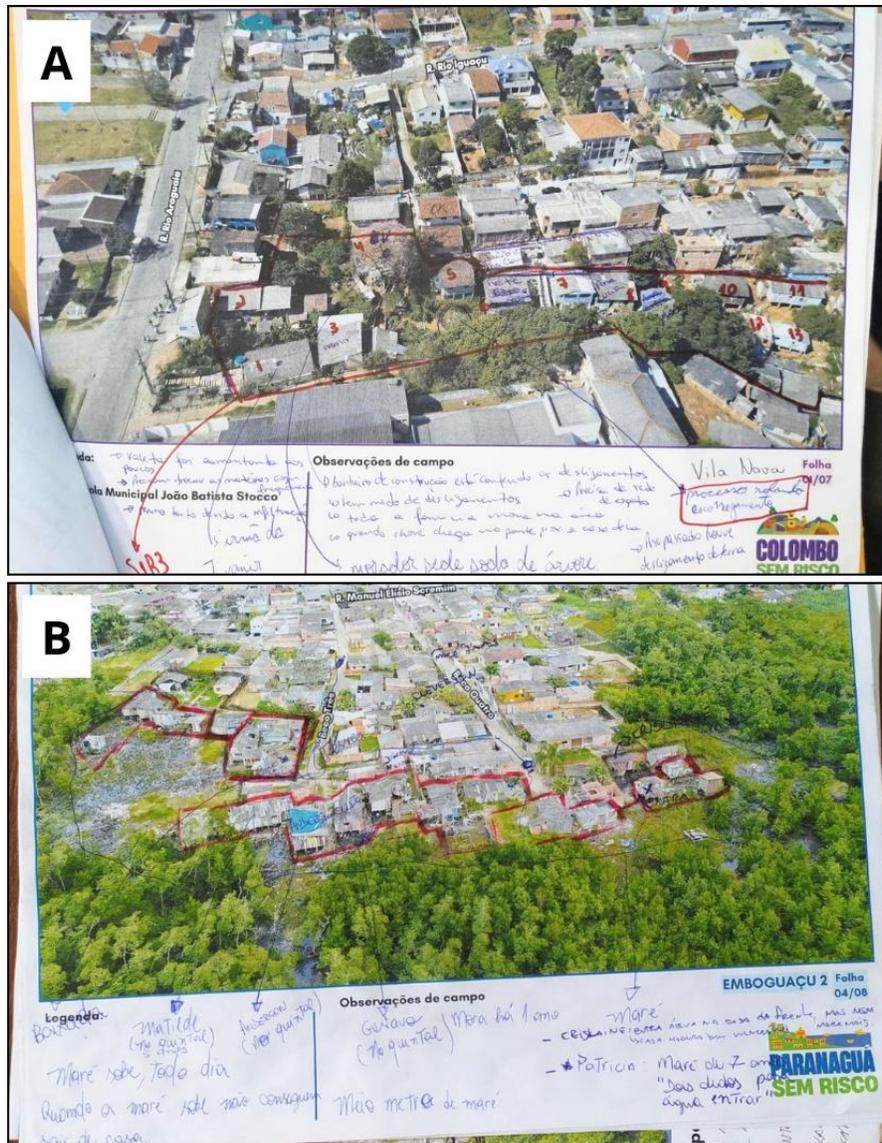


Figura 7. Processo de aplicação das imagens coletadas na cartografia de risco. A: Material utilizado na setorização da localidade de Vila Nova (Colombo/PR); B: Material utilizado na setorização da localidade de Localidade do Emboaguçu 2 (Paranaguá/PR).

Fonte: Elaborado pelos autores

Vale ressaltar, que nem todas as áreas imageadas e visitadas nos campos de setorização foram incluídas no mapeamento do risco, pois, em campo, eram avaliados critérios estabelecidos no Guia Metodológico para Elaboração de PMRRs (Ministério das cidades, 2024), adaptados à realidade local, como a relação entre a intensidade do processo perigoso e a vulnerabilidade

observada. Assim, com base nos indicadores observados em campo e nos critérios estabelecidos, atribuíram-se os graus de risco aos setores, sendo que apenas os setores de risco médio (R2), alto (R3) e muito alto (R4) foram mapeados. Os setores com risco baixo foram mantidos apenas dentro da delimitação da localidade. Posteriormente, após a fase de campo, os dados levantados foram refinados, e a setorização realizada manualmente no material de campo foi vetorizada sobre as imagens oblíquas, como se observa nos exemplos apresentados na Figura 8.

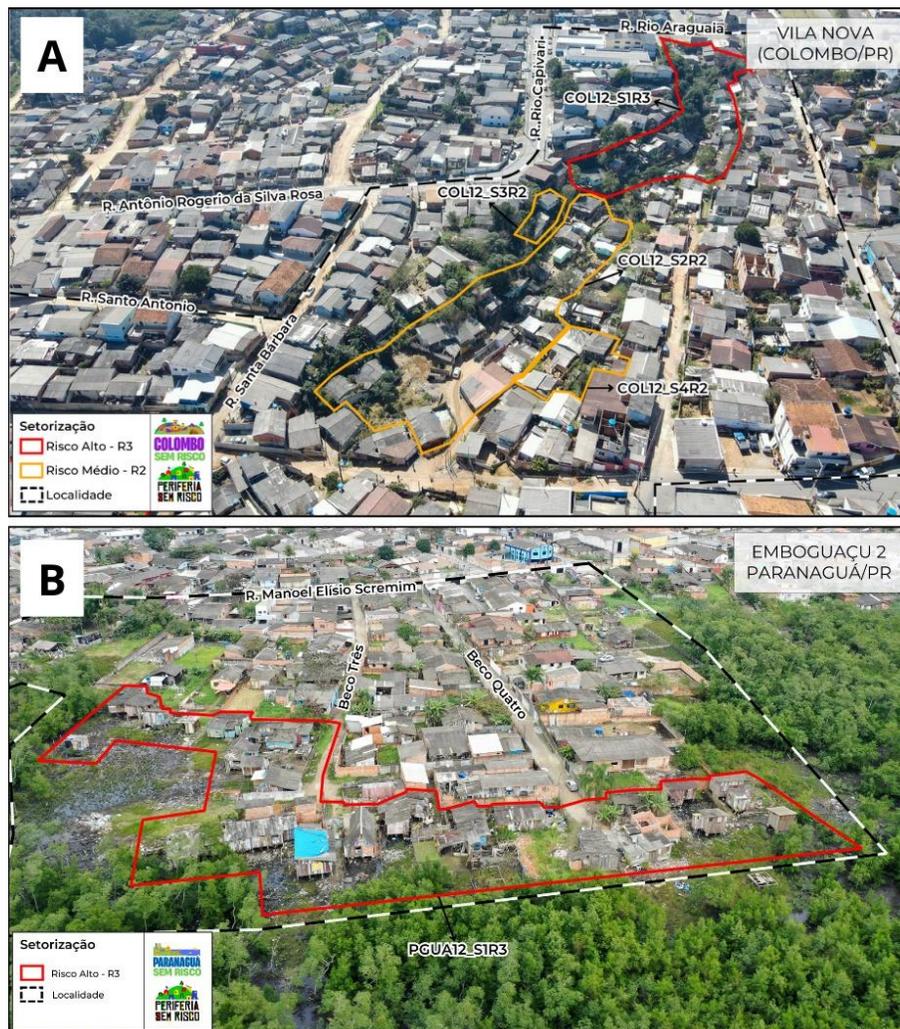


Figura 8. Produtos derivados da cartografia de risco. A: Setorização final na localidade de Vila Nova em Colombo/PR (25°20'46.72"S - 49°12'42.17"O); B: Setorização final na localidade do Embogaçu 2 em Paranaguá/PR (25°32'5.55"S - 48°32'4.25"O).

Fonte: Elaborado pelos autores

A cartografia das localidades e dos setores mapeados subsidiou as análises previstas para a Etapa III do PMRR, etapa focada na discussão de soluções estruturais e não estruturais propostas para as localidades em estudo. Contudo, uma série de desafios operacionais foi identificada ao longo da coleta de imagens com as RPAS, com o desenvolvimento de soluções durante o andamento do projeto. Esses temas serão explorados no próximo tópico.

3.2. Desafios operacionais, soluções empregadas e recomendações de boas práticas

Na fase de pré-campo, um dos primeiros desafios foi a obtenção das autorizações para o acesso ao espaço aéreo, especialmente devido à proximidade das localidades com helipontos e aeroportos. Em Paranaguá, a localização central do Aeroporto Santos Dumont (código SSPG) colocou diversas localidades em zonas de espaço aéreo restrito (Figura 9), exigindo um termo de anuência para autorização de acesso ao espaço aéreo via SARPAS NG. Além disso, fez-se necessário solicitar desbloqueio via *DJI Fly Safe*, já que o sistema da fabricante da RPA impõe *geofencing* em áreas próximas a aeroportos e infraestruturas críticas, bloqueando a decolagem ou a permanência da aeronave sem liberação expressa.



Figura 9. Restrições no espaço aéreo de Paranaguá/PR (em azul) e localidades de risco a serem imageadas (em vermelho).

Fonte: DECEA (2025).

A Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Paranaguá e o operador privado do aeroporto, responsáveis pela emissão dos termos de anuência, não possuíam um fluxo definido para esse processo. Isso provavelmente ocorreu devido à recente difusão do uso de RPAs nos estudos técnicos realizados no município. Como resultado, foi necessária a intermediação do processo pela equipe técnica do PMRR, com o apoio do comitê gestor, para agilizar a assinatura dos documentos.

Devido às restrições do fabricante da RPA (*No Fly Zones* – NFZ), também foi necessário acessar o portal *DJI Fly Safe* e submeter um pedido formal, incluindo o cadastro completo da aeronave (número de série, modelo e seguro), bem como os dados do piloto, como certificação, documentação pessoal e número do Cadastro Aeronáutico Brasileiro (CANAC). Somente após a validação e deferimento da solicitação foi possível realizar os voos nas áreas de interesse, garantindo conformidade tanto com as normas da ANAC quanto com as restrições técnicas impostas pelo fabricante do equipamento.

Ainda no caso do aeroporto de Paranaguá, a equipe foi orientada a criar um grupo em um aplicativo de mensagens para facilitar a comunicação sobre pousos e decolagens fora do horário programado. Quanto ao heliponto particular no município, houve dificuldades de contato com os responsáveis, o que impediu o preenchimento do termo de anuência. No entanto, ao analisar o histórico das imagens orbitais disponíveis no acervo *Google Earth Pro*, observou-se que o heliponto em questão, apesar de constar na base do SARPAS NG, foi desativado anos atrás. Ao reunir essas evidências visuais e enviá-las juntamente à solicitação de acesso ao espaço aéreo no SARPAS NG, obteve-se o deferimento da autorização de acesso.

Além disso, mesmo com a obtenção das autorizações de acesso ao espaço aéreo, devido às restrições encontradas, foi necessário adaptar os parâmetros operacionais de voo, respeitando as limitações de altura e a distância mínima de segurança definidas para cada zona. Nas áreas de maior criticidade, especialmente nas proximidades de helipontos e do Aeroporto de Paranaguá (SBPG), os voos foram realizados a altitudes reduzidas, variando entre 30 e 50 metros, com o objetivo de minimizar qualquer risco de interferência com operações aéreas

tripuladas e garantir conformidade com as normas do Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (DECEA).

No caso de Colombo, foi necessária a obtenção de autorização para sobrevoos em uma das quatro NFZ existentes no município, além da obtenção do termo de anuência dos responsáveis pelos helipontos, com a realização de voos em altitudes reduzidas. O contato dos representantes do projeto foi compartilhado durante o processo de solicitação de acesso ao espaço aéreo. Tanto em Colombo quanto em Paranaguá, esse processo contribuiu significativamente para a morosidade na autorização dos voos, o que poderia comprometer o cronograma do projeto.

As condições atmosféricas representaram um desafio nas fases de pré-campo e campo, pois a chuva e/ou a neblina intensa impediam a operação da RPA. Esse desafio foi particularmente significativo nas campanhas de campo realizadas no município de Paranaguá, visto que o litoral paranaense concentra os maiores volumes de precipitação do Paraná (Vanhoni e Mendonça, 2008). Assim, foi preciso, além de ampliar a janela de dias indicada na solicitação de acesso ao espaço aéreo, planejar campanhas de campo adicionais, de modo a garantir a obtenção de imagens adequadas em todas as localidades de interesse.

Considerando a morosidade na obtenção dos termos de anuência dos aeroportos e helipontos, as dificuldades de contato com os responsáveis pelos helipontos e a possibilidade de chuvas, percebeu-se a necessidade de se evitar a concentração da operação da RPA em um único profissional. Assim, reforça-se a ideia da qualificação técnica da equipe na operação das RPAs. Essa estratégia, além de disseminar o conhecimento (uma das atividades fim da universidade), garante a continuidade das operações do projeto, minimizando os impactos dos imprevistos e fortalecendo a capacidade de resposta da equipe.

Durante a condução dos levantamentos ficou evidente a eficiência da composição da equipe de campo: um piloto, um copiloto e um comunicador. Embora o tipo de voo solicitado no SARPAS NG tenha sido o *Visual Line of Sight* (VLOS, em tradução livre: Linha de Visão Visual), no qual o piloto mantém contato visual com a RPA durante todo o voo, foi imprescindível a presença de um copiloto durante a operação. Além de auxiliar no preparo da RPA para o voo, o copiloto ajudava o piloto a identificar os alvos de interesse na paisagem e a localizar a aeronave na linha de visão. Esse suporte foi fundamental, especialmente nos

momentos em que o piloto precisava desviar o olhar momentaneamente da RPA para configurar a câmera para o registro das imagens, seguindo os critérios estabelecidos nos procedimentos metodológicos.

Especialmente em áreas urbanas foram constatadas diversas situações que poderiam afetar a percepção do piloto. Um exemplo marcante foi a incidência do sol: ao olhar para o céu e, em seguida, para a tela do aplicativo, o piloto poderia ter dificuldades para enxergar a imagem exibida e realizar as configurações adequadas para o registro das imagens. Nesses casos, a presença do copiloto foi fundamental para auxiliar na compreensão da posição da RPA na paisagem, assegurando um voo em condições VLOS. Nas áreas rurais de ambos os municípios, nas comunidades insulares e nas proximidades do porto de Paranaguá, ventos naturais ou gerados pelo intenso tráfego de caminhões levantavam poeira, tornando necessária a avaliação do uso de equipamentos de proteção ocular.

Condições intensas de sol, presença de insetos (especialmente mosquitos, considerando a realização dos trabalhos de campo em meses de maior temperatura média) e poluição sonora evidenciaram a necessidade de outros itens de proteção pessoal, como roupas com proteção UV, protetor solar, repelentes, além de um kit de primeiros socorros e o conhecimento da localização de unidades de saúde de pronto atendimento mais próximos. Contudo, percebeu-se a ocorrência de fadiga natural nos pilotos com a operação da RPA, sendo preciso definir um limite de tempo de operação.

Para esse projeto, considerou-se um tempo máximo de 50 minutos de operação, equivalente a cinco voos de 10 minutos cada. Ao atingir esse limite, o copiloto poderia assumir a operação da RPA, trocando de papel com o piloto ou outro técnico disponível e capacitado, desde que isso fosse previamente combinado, pois o nome do piloto deve ser indicado no momento da solicitação de acesso ao espaço aéreo no SARPAS NG. Além disso, em situações de urgência, como um eventual mal-estar que impeça o piloto de finalizar o voo, o copiloto poderia auxiliar no pouso da RPA, acionando a função *Return to Home* ou pousando manualmente a aeronave, minimizando riscos, ação especialmente importante em áreas urbanas.

Por sua vez, o comunicador desempenhou um importante papel ao dialogar com os moradores da localidade de interesse, explicando o que estava sendo realizado, os motivos do imageamento e esclarecendo eventuais dúvidas. Além disso, auxiliou na interação com

transeuntes, garantindo que o piloto e o copiloto permanecessem focados na operação segura da RPA. Eventualmente, membros do comitê gestor municipal também participaram das atividades de campo, o que se mostrou produtivo, pois contribuíram com sugestões para o registro das imagens e contato com os moradores.

Durante o levantamento de dados em áreas de risco, o diálogo com a comunidade foi essencial para garantir a transparência das ações em campo. Estratégias de comunicação facilitaram o engajamento entre a equipe técnica e os moradores, fortalecendo a participação local. As imagens obtidas por RPAs, utilizadas para definir e atualizar setores de risco, passaram a integrar o mapeamento participativo. Esse processo não apenas ampliou a escuta ativa da comunidade, mas também aprofundou o reconhecimento dos territórios, permitindo a troca de informações e a análise coletiva dos dados levantados. Ainda que a equipe da universidade tivesse a preocupação de engajar as moradoras e moradores do local, reconhece-se que comunidades sem movimentos sociais, associações de bairros, coletivos e outras organizações atuantes têm maior dificuldade de se envolver com atividades participativas.

Durante as oficinas comunitárias para o mapeamento participativo, os participantes identificavam suas moradias nas imagens oblíquas e relatavam para a equipe técnica quais locais já sofreram com movimentos de massa, ou inundações e alagamentos, por exemplo. As imagens também foram relevantes para que os moradores se apropriassem das características do seu local de vivência, identificando a proximidade com rios e morros, por exemplo, nunca antes observados e/ou localizados.

A mobilização social incentivou o envolvimento da população, possibilitando que os moradores dos dois municípios se identificassem nos resultados e contribuíssem com questões essenciais para as próximas etapas do projeto. No entanto, a limitação de tempo acelerou esse processo de aproximação, sendo focada em lideranças comunitárias e noutros atores locais com conhecimentos relevantes do território, como os Agentes Comunitários de Saúde e técnicos dos Centros de Referência em Assistência Social (CRAS). A mobilização e participação social está vinculada à troca mútua de saberes, e um período mais prolongado de contato e interação é fundamental para fortalecer a confiança entre os diversos atores envolvidos.

Nesse sentido, é importante destacar as questões éticas relacionadas ao uso das RPAs em

projetos dessa natureza. Durante os trabalhos de campo, observou-se que alguns moradores demonstraram resistência ao registro das imagens de suas residências, possivelmente devido ao receio de que esses dados pudessem ser utilizados futuramente em ações de fiscalização e/ou para justificar processos de despejo. Esse cenário reflete um recorte do amplo debate sobre os impactos das pesquisas científicas e dos projetos de extensão universitária, tema que merece discussões aprofundadas.

Contudo, no contexto do projeto analisado, a disponibilidade das informações sobre cada etapa do projeto e os dados gerados (em meio acessível, como aplicativos de mensagens), assim como a franqueza quanto a sua utilização e o escopo de um PMRR como um instrumento de planejamento e ordenamento territorial são caminhos importantes para estabelecer esse diálogo. Além disso, reforça-se a importância da presença constante de representantes do comitê gestor municipal e lideranças locais, cuja continuidade e atuação próxima com a comunidade contribuem fortalecer a confiança entre os envolvidos.

Quanto ao registro das imagens, após os primeiros trabalhos de campo, foi notada a ausência de registros em determinadas localidades. A falta desses dados impedia a realização das análises necessárias na Etapa II do PMRR, o que demandou a realização de novos trabalhos de campo nas mesmas localidades. Para solucionar esse problema, foram consultados os manuais, sites do fabricante e fóruns na *internet*. Verificou-se que o tipo de cartão microSD utilizado não era adequado para a operação da RPA, sendo necessário adquirir uma versão com maior capacidade de armazenamento e maior velocidade de leitura e gravação. Diante desse obstáculo, adotou-se como procedimento de campo a conferência do registro das imagens logo após término do voo. Esse procedimento foi realizado por meio do aplicativo ou com *notebook*.

4. Considerações finais

Reforça-se a eficiência do uso de RPAs na elaboração da cartografia de riscos a nível municipal em um período de 4 meses, englobando tanto o mapeamento do risco quanto a atualização e/ou delimitação dos setores de risco. Com os resultados obtidos foi possível discutir os desafios operacionais encontrados, as soluções adotadas e as boas práticas identificadas a partir do roteiro metodológico proposto, aprofundando a discussão sobre o

uso de RPAs no mapeamento de riscos.

Cabe destacar que existem diversas nuances que permeiam o processo de refinamento da cartografia de risco, no contexto das oficinas comunitárias e dos campos de setorização, conforme as especificidades de cada município. Esse tema pode ser abordado em uma publicação futura. Por fim, é importante salientar o papel inicial dessa proposta, que pode e deve ser discutida e revista a luz de experiências de outros PMRRs elaborados em diferentes regiões do país.

5. Declarações finais

Contribuição dos autores:

Otacílio Lopes de Souza da Paz: administração do projeto, análise formal, conceitualização, metodologia, redação – rascunho original, escrita – revisão e edição, visualização e validação; Lais Almeida Nadolny da Silva: análise formal, curadoria de dados, redação – rascunho original, escrita – revisão e edição e visualização; Laura Fernanda Vaz de Oliveira: análise formal, curadoria de dados, redação – rascunho original, escrita – revisão e edição e visualização; Martha Cavalheiro Böck: análise formal, curadoria de dados, redação – rascunho original, escrita – revisão e edição e visualização; Lucas Rangel Eduardo Silva: administração do projeto, escrita – revisão e edição e visualização; Fernanda de Souza Sezerino: administração do projeto, redação – rascunho original, escrita – revisão e edição e visualização; Eduardo Vedor de Paula: administração do projeto, captação de recursos, recursos, escrita – revisão e edição e validação.

Financiamento:

Este artigo é derivado do projeto “Periferia Sem Risco”, financiado pelo Governo Federal do Brasil, por meio da Secretaria Nacional de Periferias e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

Conflito de interesses:

Os autores declaram não haver conflitos de interesse na redação ou publicação deste artigo.

Implicações éticas:

A pesquisa não envolveu intervenção em seres humanos nem em animais, mas surgiram preocupações éticas no uso de RPAs em áreas vulneráveis. Alguns moradores demonstraram resistência ao registro de imagens de suas residências, por receio de possíveis usos indevidos dos dados. Essas questões foram consideradas na metodologia e representam pontos importantes para o debate em futuras pesquisas.

6. Referências Bibliográficas

- Barbosa, B., Araújo e Silva Ferraz, G., Mendes dos Santos, L., Santana, L., Marin, D., Rossi, G. e Conti, L. (2021). Application of RGB Images Obtained by UAV in Coffee Farming. *Remote Sensing*, 13(12), 2397. <https://doi.org/10.3390/rs13122397>
- Buffon, E. e Paz, O. (2018). Geoprocessamento para mapeamento das áreas de risco de inundações: Uma aplicação na sub-bacia hidrográfica do Rio Palmital, Colombo e Pinhais-Paraná (Geoprocessing for mapping flood risk areas: an application in the Palmital river watershed (Colombo and Pinhais-Paraná)). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(6), 2186–2200. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.6.p2186-2200>
- Buffon, E., Sampaio, T. e Paz, O. (2018). Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, (13), 85–108. <https://doi.org/10.17127/got/2018.13.004>
- Cabral, V., Reis, F., D’Affonseca, F., Lucía, A., Corrêa, C., Veloso, V., Gramani, M., Ogura, A., Lazaretti, A., Vemado, F., Pereira, A., dos Santos, C., Lopes, E., Rabaco, L., do Carmo Giordano, L. e Zarfl, C. (2021). Characterization of a landslide-triggered debris flow at a rainforest-covered mountain region in Brazil. *Natural Hazards*, 108, 3021–3043. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04811-9>
- Colomina, I. e Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–

97. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>

Cunha, A., Alixandrini Jr, M. e Fernandes, V de O. (2020). Avaliação de Erosão por Imagens de Aeronave Remotamente Pilotada a Baixa Altura de Voo. *Geografia (Londrina)*, 29(1), 191–210. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2020v29n1p191>

Eugenio, F. e Zago, H. (2019). *O livro dos drones: Um guia completo para entender todas as partes e funcionamento*. CAUFES. <https://tinyurl.com/yc7u46b2>

Hindi, E., Filho, E., de Lucena, L., Bittencourt, A., Mantovani, L., Xavier, J., Nadal, C. e Giusti, D. (2002). Características hidrogeológicas do aquífero cárstico em Colombo (PR) e impactos ambientais resultantes da sua exploração. *Águas Subterrâneas*, (1). <https://tinyurl.com/3w78zmjh>

Hyun, C. U., Park, M. e Lee, W. Y. (2002). Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)-Based Wildlife Detection: A Review and Case Studies in Maritime Antarctica. *Animals*, 10(12), 2387. <https://doi.org/10.3390/ani10122387>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2025a). *Panorama do município de Colombo (PR)*. <https://tinyurl.com/3cryy86h>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2025b). *Panorama do município de Paranaguá (PR)*. <https://tinyurl.com/3cryy86h>

Meivel, S. e Maheswari, S. (2020, 5–7 June). *Optimization of Agricultural Smart System using Remote Sensible NDVI and NIR Thermal Image Analysis Techniques* [Conference]. 2020 International Conference for Emerging Technology (INCET), Belgaum, India. <https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9154185>

Minerais do Paraná (MINEROPAR). (2006). *Atlas geomorfológico do Estado do Paraná*. <https://tinyurl.com/4j6nhwfp>

Ministério das Cidades. (2023). *Termo de Execução Descentralizada nº 001/2023*. Secretaria Nacional de Periferias, Departamento de Mitigação e Prevenção de Risco. <https://tinyurl.com/mv5aua5u>

Ministério das cidades. (2024). *Periferia sem risco: Guia para planos municipais de redução de riscos*. <https://tinyurl.com/58k9hazf>

Paz, O., Ribeiro, I., Berra, E. e Paula, E. (2023). Evolução e tendências do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas no Brasil (2017-2022) e suas implicações para o geoprocessamento. *Entorno Geográfico*, (26), e22513072. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i26.13072>

Paz, O. e Vedor de Paula, E. (2022). Alteração morfológica de barra fluvial após evento extremo de precipitação: Estudo de caso no rio Jacareí – Litoral sul do Brasil. *William Morris Davis Revista de Geomorfologia*, 3(2), 1–13. <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.158>

Presidência da República do Brasil. (10 de abril de 2012). Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC e dá outras providências. [Lei 12.608 de 2012]. Diário Oficial da União. <https://tinyurl.com/274wpumd>

Santos, L., Oka-Fiori, C., Canali, N., Fiori, A., da Silveira, C., da Silva, J. e Ross, J. (2006). Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 7(2). <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i2.74>

Sopchaki, C., Paz, O., Graça, N. e Sampaio, T. (2018). Verificação da qualidade de ortomosaicos produzidos a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada sem o uso de pontos de apoio. *Raega-O Espaço Geográfico Em Análise*, 43, 200–214. <http://revistas.ufpr.br/raega/article/view/56564>

Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Paraná (LAGEAMB/UFPR). (2024a). *Plano Municipal de Redução de Riscos de Colombo: Relatório 1- Plano de trabalho*. <https://tinyurl.com/5fdp3hum>

Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Paraná (LAGEAMB/UFPR). (2024b). *Plano Municipal de Redução de Riscos de Paranaguá: Relatório 1: Plano de trabalho*. <https://tinyurl.com/3ttw699b>

Vanhoni, F. e Mendonça, F. (2008). O clima do litoral do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, 3, 49–63. <https://doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25423>

Vikou, S., Paz, O., Pilatti, D. e Paula, E. (2023). Análise da Pressão Antrópica sobre Manguezais Urbanos: Subsídios à Proteção Ambiental e ao Ordenamento Territorial. *Sociedade & Natureza*, 35(1). <https://doi.org/10.14393/sn-v35-2023-67515>

Westoby, M., Brasington, J., Glasser, N., Hambrey, M. e Reynolds, J. (2012). ‘Structure-from-Motion’ photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>