



International Civil Aviation Organization
CAR/SAM Regional Planning and Implementation Group (GREPECAS)

INFORMATION PAPER

GREPECAS/21 — NE/52
02/11/23

Vigesimoprimer Reunión del Grupo Regional de Planificación y Ejecución del Caribe y Sudamérica (GREPECAS/21)

Santo Domingo, República Dominicana, 15 al 17 de noviembre de 2023

Cuestión 6 del
Orden del Día:

Otros asuntos

UTILIZACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN DE IMÁGENES OBTENIDAS POR AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA (RPA) APLICADA A LA EVALUACIÓN DE OBJETOS PROYECTADOS EN EL ESPACIO AÉREO, DE CONFORMIDAD CON EL ANEXO 14 - SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS (OLS)

(Presentada por Brasil)

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de drones para la adquisición de restitución e imágenes fotogramétricas aéreas surge como una tecnología para la obtención de información cartográfica en formato tridimensional, teniendo como objetivo la verificación de objetos proyectados en el espacio aéreo que puedan tener efectos adversos sobre la seguridad operacional o la regularidad de las operaciones aéreas en un determinado aeródromo o helipuerto. Con el geo-procesamiento de las imágenes procedentes de drones, es posible construir modelos y elevaciones digitales del terreno, además de obtener coordenadas planialtimétricas precisas para verificar y validar los procesos de análisis de objetos proyectados en el espacio aéreo, bajo el Comando de la Fuerza Aérea (COMAER).

Acción:	Las acciones sugeridas serán presentadas en la Sección 4.
<i>Objetivos estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad operacional de la navegación aérea• Determinación de obstáculos en zonas de protección de aeródromos• Determinación de la información aeronáutica de un aeródromo
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Anexo 4 – Cartas aeronáuticas• Anexo 19 – Gestión de la seguridad operacional• LAR 77 – Reglamento Aeronáutico Latinoamericano

1 Introducción

1.1 El análisis de los objetos proyectados en el espacio aéreo en las proximidades de los aeródromos y helipuertos es de suma importancia para verificar y mitigar los riesgos para la aviación en general.

1.2 El Anexo 14, Superficies Limitadoras de Obstáculos (OLS), define parámetros generales para superficies limitadoras de distinta naturaleza en los aeródromos, como son las de aproximación, despegue y transición. A partir de este concepto, Brasil creó la nomenclatura Plan Básico de Zona de Protección de Aeródromo (PBZPA), difundido en otros países de América Latina (Regiones CAR/SAM), el cual comprende un conjunto de distintos tipos de OLS. Este Plan Básico establece superficies de espacio aéreo exclusivas para el vuelo de aeronaves, restringiendo, por ejemplo, la construcción de edificios con alturas que podrían poner en peligro a los ocupantes o afectar la seguridad del vuelo. Observando estos planes, es posible visualizar, en un mapa tridimensional sobre el aeropuerto, los límites en cuanto a distancia y altura de las edificaciones en las inmediaciones.

1.3 Por lo tanto, el uso de aeronaves pilotadas a distancia para la adquisición de información cartográfica en regiones con gran densidad poblacional alrededor de los aeropuertos promoverá acciones más rápidas en cuanto a la cobertura de grandes franjas territoriales, la seguridad operacional en los proyectos de expansión urbana ubicados dentro de las zonas de protección, y el modelado de los principales problemas que podrían tener graves consecuencias para los aviadores, durante las maniobras de aproximación y despegue de las aeronaves.

1.4 Mediante el análisis de la información altimétrica de las imágenes de trama, se podría identificar posibles obstáculos derivados de los OPEA en las superficies limitadoras del aeropuerto, mediante el uso de las herramientas computacionales de los sistemas de información geográfica existentes. Estos análisis deben aplicar parámetros de fiabilidad y requisitos mínimos de aceptación, de conformidad con lo previsto en las normas brasileñas sobre requisitos de los datos e información aeronáuticos. Por lo tanto, sería necesario predecir la calidad de las bases cartográficas utilizadas en el estudio, a fin de brindar fiabilidad y estructuras de metadatos para las operaciones matriciales entre los píxeles. Se ha generalizado el uso de sistemas de información geográfica como herramienta de análisis con criterios múltiples, el cual es aceptado por diversos profesionales que conocen mejor el entorno estudiado, además de los estudios para la gestión de los obstáculos que tienen un efecto adverso en diversas etapas importantes en el campo de los procedimientos aéreos.

1.5 Por lo tanto, el uso de drones para mapear las implementaciones agiliza la adquisición de imágenes que podrían traducirse en numerosa información cartográfica. Con las ortofotos, los usuarios podrían extraer información precisa y relevante, a partir del geo-procesamiento y la manipulación de datos en sistemas de información geográfica, a fin de obtener modelos digitales de superficie (DSM) y modelos digitales de terreno (DTM). El uso del geo-procesamiento para construir ortofotos y modelos digitales de superficie en aeropuertos es recurrente y ofrece resultados satisfactorios de información planialtimétrica sobre elementos tales como vegetación, líneas de transmisión, edificios y otros.

2 Discusión

2.1 Esta nota informativa presenta un estudio de caso en el que se presenta productos cartográficos y sus respectivos análisis, utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes y teledetección. Se utilizó aplicaciones de soporte lógico para el procesamiento digital de imágenes, a saber, Pix4D, ArcGIS, Global Mapper y AutoCAD, a fin de trabajar con técnicas complementarias de

} teledetección, utilizando una aeronave pilotada a distancia Phantom 4 RTK, comercializada por la empresa DJI (Da-Jiang Innovations Science and Technology).

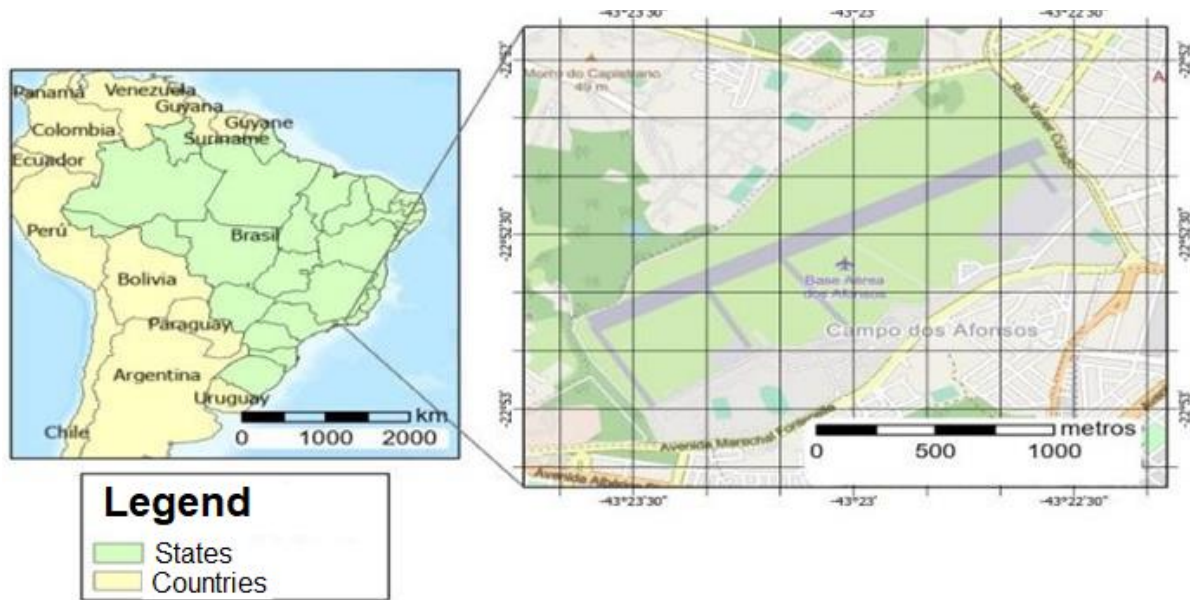


Figura 1 - Mapa del área de estudio

2.2 El trabajo de campo se inició con la creación de las líneas del plan de vuelo del dron, la solicitud de permiso a los organismos reguladores y administradores de aeródromos, y la planificación de la adquisición de puntos de apoyo a través de receptores GNSS/RTK. Luego, se realizó un vuelo aerofotogramétrico del área de estudio, utilizando el dron Phantom 4 RTK, que emplea una base GNSS/RTK para la corrección en tiempo real de las distorsiones de las fotos tomadas. Con el soporte lógico Pix4D, se hizo la restitución y orientación de las imágenes con el fin de formar pares estereoscópicos. Por lo tanto, para que los análisis cartográficos sean fiables, es necesario corregir las imágenes y proceder a la orto-rectificación para que cada píxel pueda reubicarse en su posición geométrica, lo más verticalmente posible. De este modo, es posible corregir los efectos de distorsión y las influencias del relieve. Todas las etapas del proceso pueden verse en la Figura 2, que presenta el diagrama de flujo de la metodología:

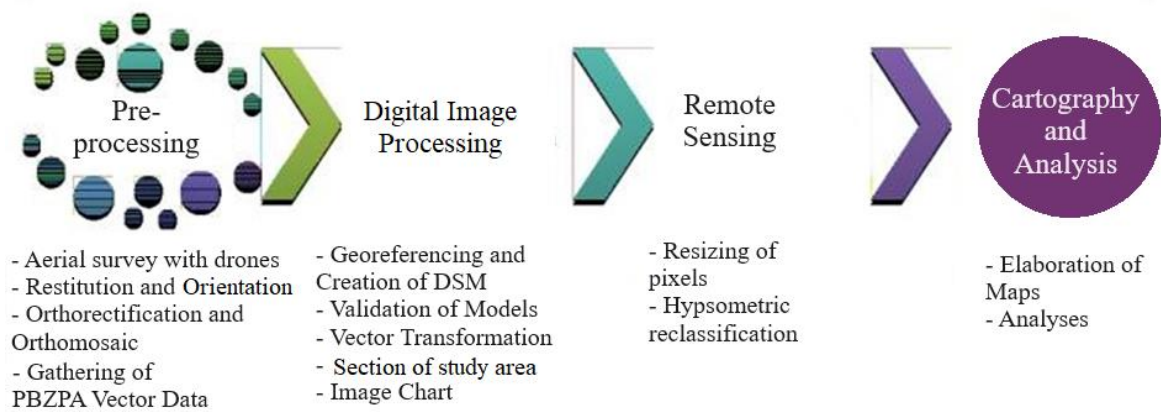


Figura 2 – Flujograma metodológico

2.3 Luego, se obtuvo los planos básicos, basados en el Anexo 14, Superficie Limitadoras de Obstáculos (OLS), a través del Portal AGA del DECEA, en formato vectorial planimétrico. En este estudio, la atención se centrará en las superficies de aproximación y despegue que sirven al umbral 26 de las pistas de aterrizaje y despegue (LTR), ya que son las zonas más críticas para las operaciones aéreas del aeródromo. En la etapa de procesamiento de las imágenes digitales, se hizo la geo-referenciación del modelo digital de superficie para el área de estudio. Para ello, se asignó al modelo el Sistema de Proyección Cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), huso horario 23, incorporado en el Sistema Geodésico Brasileño, SIRGAS 2000. Con base en los puntos de apoyo en el campo, obtenidos a través del sistema de posicionamiento GNSS, se validó la precisión del modelo digital de superficie generado por el levantamiento aéreo con drones, utilizando soporte lógico específico y análisis basado en informes de calidad de procesamiento Pix4D.

Pesquisa de Planos de Zona de Proteção

Resultado da busca de planos

Nome do Aeródromo	OACI	Tipo	Data	Portaria	Municípios impactados	Zonas de proteção
Campo Délio Jardim de Mattos	SBAF	Inscrição	14.07.2015	01/ICA	7 ▲	6 ▲

Figura 3 – Portal AGA del DECEA

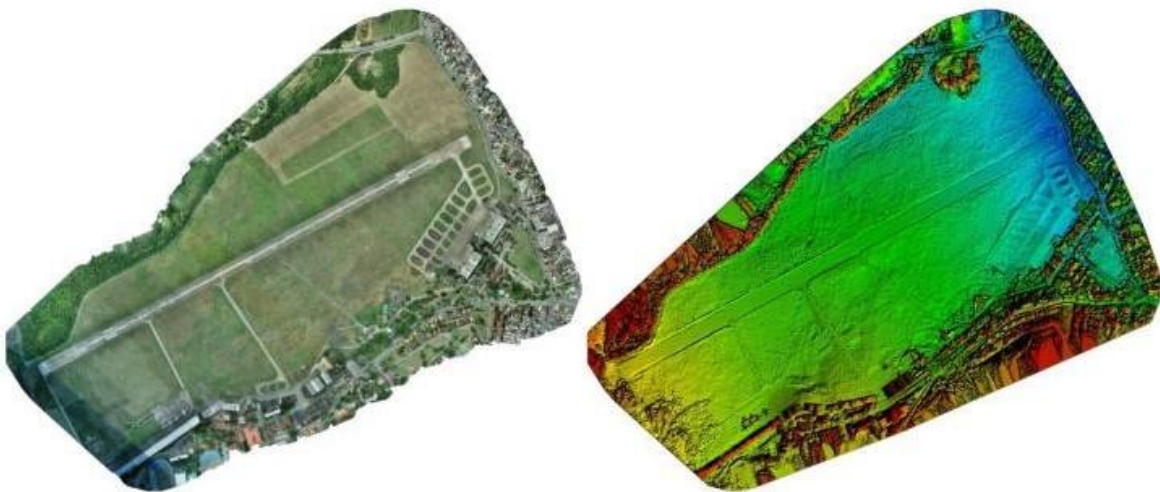


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Figura 4: Ortomosaico y modelo digital de superficie

}

2.4 Con los datos del PBZPA en formato vectorial, fue necesario transformar las características lineales al formato de píxeles, generando así una nueva imagen de trama. Esta nueva imagen servirá de guía para las operaciones matriciales mediante la herramienta *Raster Calculator* de ArcGIS, y delimitará la altura máxima de los objetos proyectados en el espacio aéreo de esta ubicación. Con los polígonos delimitadores del PBZPA referidos a las zonas de aterrizaje y despegue, en formato vectorial (.dwg), sería necesario realizar operaciones de transformación para definir las pendientes de aproximación en píxeles, es decir, también en formato de trama. Para ello, se utilizó la herramienta *TIN to Raster* de ArcGIS.

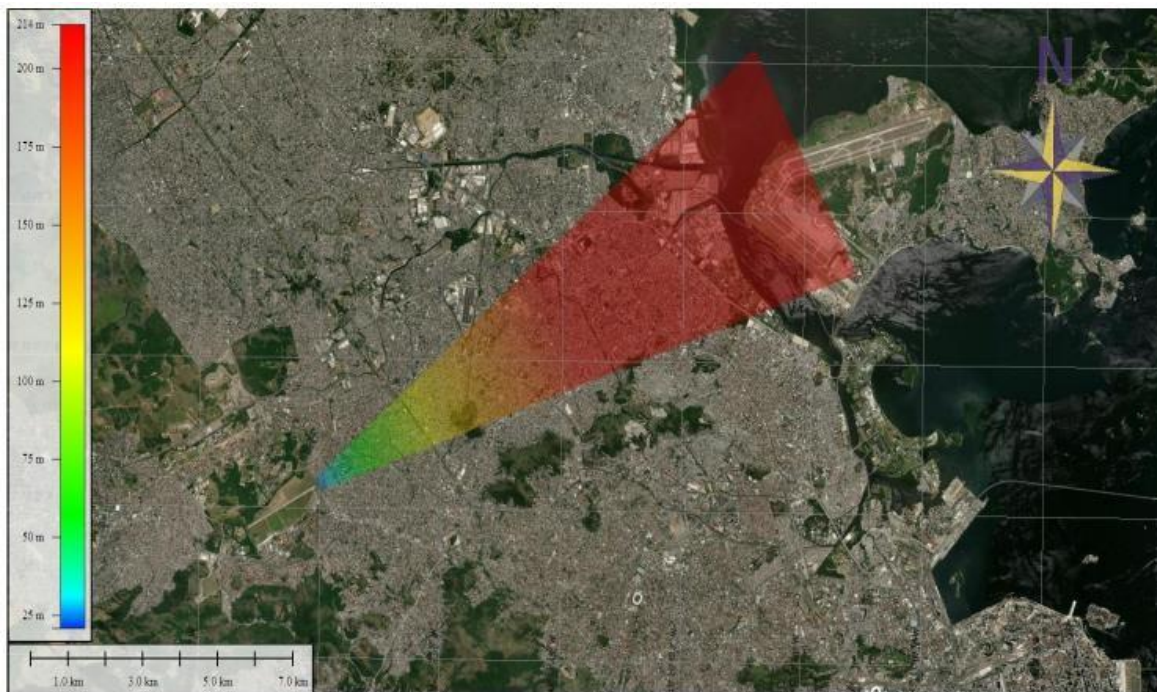


Figura 5: Rampa de aproximación y despegue en formato de trama

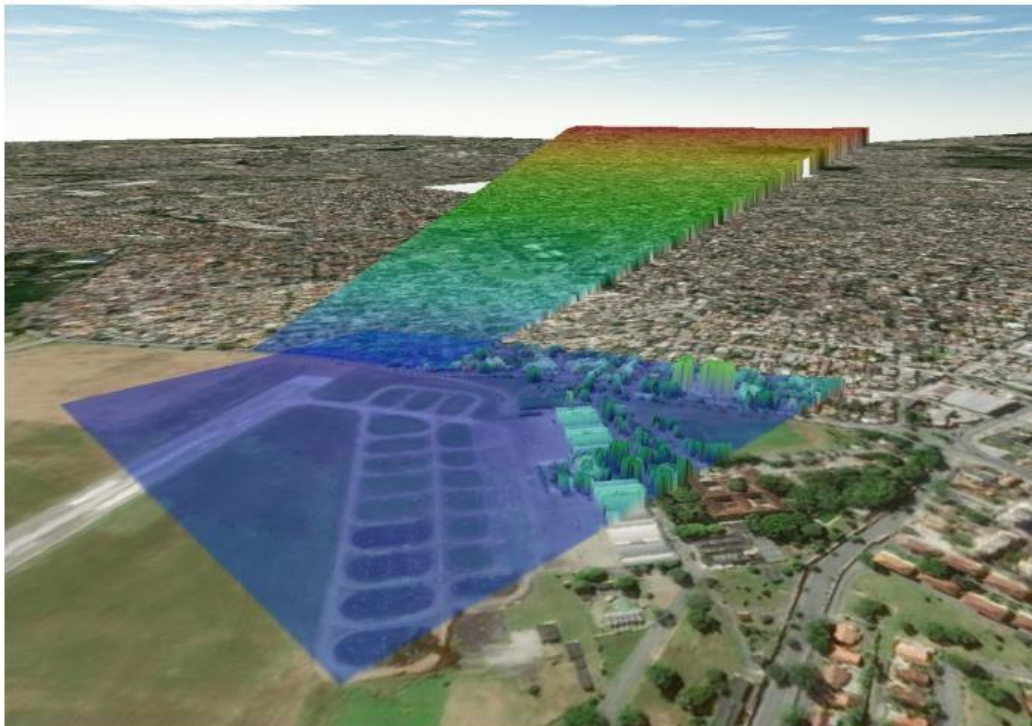
2.5 Posteriormente, se editó las imágenes de trama obtenidas por el dron y el PBZPA, limitando únicamente el área de estudio de influencia de los OPEA, para permitir un procesamiento computacional más rápido. Se realizó un re-muestreo de píxeles para obtener celdas más pequeñas. Cuanto menor el tamaño de la celda, más preciso será el análisis del modelo mediante sistemas de información geográfica. El gráfico de imágenes contiene los planes de limitación de obstáculos del PBZPA y las altitudes obtenidas en el modelo digital de elevación de los edificios próximos a la zona operacional del aeródromo.



Figura 6: Mapa del modelo digital de superficie próximo al umbral de la pista

2.6 Con el uso de técnicas de fotogrametría aérea con drones, es posible brindar al usuario los más diversificados productos cartográficos conteniendo información planialtimétrica de alta precisión, como, por ejemplo, mapas radiométricos; modelos digitales de elevación, terreno y superficie; matriz de errores; mapas de superposición; entre otros productos relevantes para el geo-procesamiento de imágenes digitales.

Figura 7: Modelo digital de superficie de los edificios en la zona de influencia de la rampa de aproximación y despegues 3D generados a partir de la OLS y del levantamiento aéreo con dron.



}

2.7 Después de todas las etapas de geo-procesamiento entre las bases cartográficas, se puede afirmar que la metodología propuesta es precisa y proporciona elementos consistentes con el área de estudio. Para ello, se analizó la calidad estadística del modelo digital de superficie del levantamiento aéreo, el cual presenta un error cuadrático medio de aproximadamente 2 centímetros. El uso de drones con sistema incorporado de corrección RTK aporta numerosas ventajas en la calidad final del producto restituído. Además, reduce la necesidad de levantamientos topográficos de puntos de apoyo sobre el terreno y ofrece un procesamiento más rápido en la oficina. La tecnología de corrección de la agrimensura por radio minimiza los efectos del arrastre en la adquisición de imágenes, ofreciendo mayor precisión en el pre-procesamiento digital.



Figura 8: Geo-procesamiento entre imágenes de trama para verificar posibles obstáculos

2.8 Finalmente, es necesario individualizar los píxeles que infringen la rampa; en este caso, los valores positivos de la sustracción de las imágenes de trama. Luego, teniendo la trama resultante de esta sustracción, se calcula las altitudes reales de los píxeles que se convirtieron en obstáculos. Para ello, se utilizó la herramienta *Select by Mask* del soporte lógico ArcGIS. Así, usando la trama de sustracción como máscara, se compara con el modelo digital de superficie original y es posible obtener los mismos obstáculos, pero con sus altitudes ortométricas reales.



Figura 9: Modelo digital de superficie de obstáculos situados en la zona de aproximación del umbral 29 del aeródromo Campo Délio Jardim de Mattos (SBAF)

3 Conclusion

3.1 La metodología utilizada en esta nota demostró ser eficaz para evaluar los posibles obstáculos que infringen las zonas de protección. El uso de bases cartográficas precisas permitió una evaluación completa de los elementos existentes cerca del umbral de aterrizaje y despegue del aeródromo. El uso del sistema de información geográfica en las operaciones con imágenes de trama y visualización 3D permitió cuantificar el área de intrusión de estos obstáculos. La calidad de las bases cartográficas fue primordial para la validación, ya que se obtuvo un error promedio de 17 centímetros, dentro del máximo permitido por las normas del DECEA, que establecen un error máximo de 1 metro para evaluaciones altimétricas en este tipo de trabajos.

3.2 El análisis de los objetos proyectados en el espacio aéreo a partir de imágenes de drones proporciona a los administradores aeroportuarios soluciones cartográficas más precisas y menos costosas en la evaluación de la expansión urbana alrededor del aeropuerto. En los grandes centros, a veces es difícil evaluar nuevos desarrollos debido a la complejidad del acceso para la verificación mediante la topografía convencional. Además de los altos costos de los equipos de topografía, transporte, y de los equipos de seguridad operacional de los explotadores, la evaluación de los obstáculos en tierra no permite cubrir toda el área de influencia de las superficies de protección.

3.3 Así, el uso de la fotogrametría aérea con drones surge como un método eficaz para reducir costos y que permite la evaluación cartográfica en cualquier momento. Por último, es posible utilizar drones para la cartografía 3D individualizada de cada elemento, lo que permite estudios de mitigación del impacto de un determinado obstáculo, como, por ejemplo, la necesidad de remoción o demolición.

}
4**Acción sugerida**

4.1

Se invita a la Reunión a:

- a) Considerar el uso de drones a bordo con sensor LIDAR para mapear las zonas de influencia del PBZPA; y
- b) Considerar el uso de drones con LIDAR para evaluar obstáculos en grandes centros urbanos y delimitar zonas de protección de futuros vertipuertos.

— FIN —