



**Vigésima Reunión del Grupo Regional de Planificación y Ejecución del Caribe y Sudamérica
(GREPECAS/20)**

Salvador, Bahía, Brasil, 16 al 18 de noviembre de 2022

**Cuestión 2 del
Orden del Día:**

Desarrollos Globales y Regionales

2.3 Reporte de avances de los Programas y Proyectos

**USO DE IMÁGENES DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA EN LA ELABORACIÓN
DE CARTAS AERONÁUTICAS DE AERÓDROMOS (ADC) Y PLATAFORMA (PDC) EN
BRASIL**

(Presentado por Brasil)

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de drones en la adquisición de imágenes georreferenciadas permite construir modelos digitales del terreno y de elevación, ortoimágenes, nubes de puntos y obtener coordenadas precisas para la elaboración y actualización de la Carta de Aeródromos (ADC) y la Carta de Estacionamiento de Aeronaves (PDC) de los aeródromos militares de Brasil. Así, la actualización periódica de estas cartas aeronáuticas proporciona a las tripulaciones de vuelo la información operativa utilizada para coordinar los movimientos de las aeronaves en tierra. Ante este escenario, el Instituto de Cartografía Aeronáutica (ICA) ha realizado levantamientos aéreos de aeródromos militares, mediante el uso de drones, para la elaboración de bases cartográficas georreferenciadas para la actualización de las cartas aeronáuticas y la construcción de modelos tridimensionales.

ACCIONES:	Las acciones sugeridas se presentan en la Sección 4.
<i>Objetivos</i>	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad Operacional
<i>Estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none">• AVSEC – <i>Seguridad de la Aviación</i>
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Anexo 4 – Cartas Aeronáuticas

1 Introducción

1.1 El uso de drones en la cartografía proporciona agilidad en la adquisición de imágenes que pueden traducirse en numerosa información cartográfica. Con las imágenes, los especialistas pueden extraer información precisa y relevante, basándose en el geoprocésamiento y la manipulación de los datos en sistemas de información geográfica, para obtener diversos productos cartográficos georreferenciados.

1.2 En el uso de drones se gana en calidad y precisión de los productos generados y, además, se pueden obtener ventajas en el tiempo de ejecución en el campo y en la reducción de recursos financieros para la cartografía de grandes áreas.

1.3 El ICA ha realizado levantamientos topográficos de aeródromos militares, combinando las técnicas topográficas clásicas y el levantamiento aéreo con drones para adquirir información cartográfica que sirva de apoyo a la elaboración y actualización de los mapas aeronáuticos de estos aeródromos.

1.4 De acuerdo con el Manual de Mando Aeronáutico (MCA) 96-4 (Manual para la preparación de cartas de tierra y de área ADC, PDC, AGMC, ENRC, ARC, carta de obstrucción de aeródromo tipo A y PATC), se requiere la aplicación de técnicas especializadas para cumplir con las recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y también las especificaciones técnicas para cumplir con las normas cartográficas nacionales. Para ello, es necesario mantener los requisitos necesarios para la elaboración de cartas aeronáuticas con calidad, contribuyendo a garantizar la seguridad, eficacia y regularidad de la navegación aérea.

AGMC: *Carta de movimiento de tierra del aeródromo;*

ENRC: *Mapa en ruta;*

ARC: *Mapa de área; y*

PATC: *Mapa de terreno de aproximación de precisión*

1.5 Actualmente, el ICA utiliza drones con tecnología RTK (cinemática en tiempo real) que garantiza la correspondencia exacta entre la adquisición de imágenes aéreas y el posicionamiento real. Este método de encuesta consiste en utilizar dos receptores GPS (Sistema de Posicionamiento Global) que recogen datos simultáneamente y, mediante correcciones, proporcionan información precisa de la ubicación en tiempo real. Con ello, se producen bases cartográficas con alta resolución espacial y se gana en productividad en el campo, además de aportar mayor seguridad a los equipos de topografía, ya que todo el trabajo se puede realizar fuera de la zona de maniobras de las aeronaves de los aeródromos en cuestión.

2 Discusión

2.1 Esta Nota de Estudio presenta el trabajo realizado por el ICA en la adquisición de datos para la elaboración de la Carta de Patio (CDP) del patio utilizado por la aviación militar en el aeródromo público/militar de Campo Grande (PUB/MIL) (SBCG).

2.2 Para la adquisición y restitución del levantamiento aerofotogramétrico, se utilizó el dron Phantom 4 RTK y el software de procesamiento de imágenes llamado Pix4D. Las características de la encuesta aérea son las siguientes:

- a) Superficie cubierta: 1.053 km²;
- b) 1.374 fotografías aéreas;
- c) 8 horas de funcionamiento (planificación del vuelo, vuelo, recarga de la batería y tiempo de espera en función del tráfico aéreo en el aeródromo);
- d) 15 horas de tramitación en la oficina;
- e) Distancia de muestreo del suelo (GSD) o píxel: 2,76 centímetros;
- f) Error cuadrático medio: 0,003 metros;
- g) Cinco puntos de control GPS en el terreno; y
- h) Nube de puntos densificada: 229.507.237 puntos.

2.3 Inicialmente, la planificación del vuelo fue realizada por el Sistema de Solicitud de Acceso de Aeronaves Pilotadas a Distancia (SARPAS) del Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA), para determinar el plan de vuelo, la altitud de vuelo y la información del piloto a distancia. Toda la documentación requerida para la solicitud de vuelo se basó en la Instrucción del Comando de Aeronáutica (ICA) 100-40 (Aeronaves no tripuladas y el acceso al espacio aéreo brasileño) y MCA 56-3 (Aeronaves no tripuladas en beneficio de los organismos vinculados a los gobiernos federal, estatal y municipal) del Comando de Aeronáutica. Se puede acceder al sistema y a la documentación en la siguiente dirección: <https://servicos.decea.mil.br/sarpas/>.

2.4 Utilizando las herramientas de geoprocésamiento disponibles en el software Pix4D, fue posible realizar la restitución del vuelo aerofotogramétrico para la georreferenciación de las imágenes, creando nubes de puntos y ortoimágenes con resolución espacial de 5 centímetros, como se muestra en la Figura 1. El uso de ortoimágenes proporciona una gran cantidad de detalles cartográficos de alta resolución que permiten a los expertos extraer características como pistas, paradas y edificios, para la preparación de cartas aeronáuticas de un aeródromo concreto.

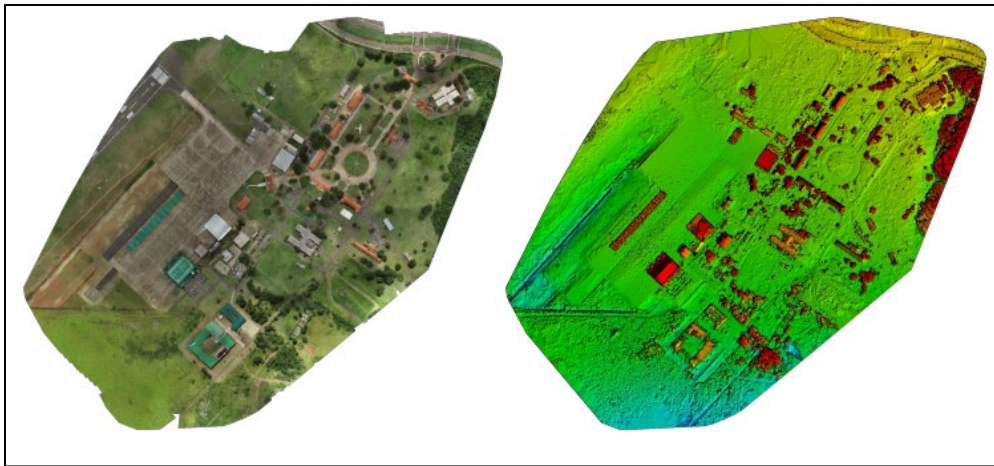


Figura 1 - Ortoimágenes y el correspondiente modelo digital de superficie (*Digital Surface Model - DSM*).

2.5 Tras la restitución de los elementos identificados en la ortoimagen, fue posible obtener información fiable de las líneas de patio y las coordenadas de los puntos de parada para la elaboración de los productos cartográficos, como se muestra en las figuras 2 y 3.



Figura 2 – Vectorización de la ortoimagen con resolución espacial de 5 centímetros.

PDC 2 - SBCG: INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES / COMPLEMENTARY INFORMATION					
COORDENADAS DOS PONTOS DE ESTACIONAMENTO PARKING SPOT COORDINATES					
PONTO SPOT	COORDENADAS COORDINATES		PONTO SPOT	COORDENADAS COORDINATES	
	PÁTIO MIL / APRON MIL			PÁTIO MIL / APRON MIL	
1	20 27 46.84 S	54 39 45.13 W	H1	20 27 46.34 S	54 39 47.07 W
2	20 27 48.86 S	54 39 46.54 W	H2	20 27 46.98 S	54 39 47.50 W
3	20 27 48.77 S	54 39 48.97 W	H3A	20 27 51.96 S	54 39 54.62 W
4	20 27 49.49 S	54 39 49.67 W	H3B	20 27 52.10 S	54 39 54.45 W
5	20 27 50.20 S	54 39 50.38 W	H4A	20 27 52.40 S	54 39 55.04 W
6	20 27 50.92 S	54 39 51.09 W	H4B	20 27 52.54 S	54 39 54.87 W
7	20 27 51.65 S	54 39 51.81 W	H5A	20 27 52.84 S	54 39 55.47 W
8	20 27 52.37 S	54 39 52.51 W	H5B	20 27 52.98 S	54 39 55.30 W
9	20 27 47.75 S	54 39 50.92 W	H6A	20 27 53.28 S	54 39 55.89 W
10A	20 27 48.54 S	54 39 52.35 W	H6B	20 27 53.42 S	54 39 55.72 W
10B	20 27 49.28 S	54 39 53.07 W	H7A	20 27 53.72 S	54 39 56.31 W
11A	20 27 49.65 S	54 39 53.44 W	H7B	20 27 53.86 S	54 39 56.14 W
11B	20 27 50.01 S	54 39 53.79 W	H8A	20 27 54.16 S	54 39 56.74 W
12	20 27 50.33 S	54 39 54.99 W	H8B	20 27 54.30 S	54 39 56.57 W
13	20 27 53.24 S	54 39 52.82 W	H9A	20 27 54.60 S	54 39 57.16 W
14	20 27 53.83 S	54 39 53.39 W	H9B	20 27 54.75 S	54 39 56.99 W
15	20 27 54.41 S	54 39 53.95 W	H10A	20 27 55.05 S	54 39 57.58 W
16	20 27 55.01 S	54 39 54.52 W	H10B	20 27 55.19 S	54 39 57.42 W
17	20 27 55.60 S	54 39 55.09 W	H11A	20 27 55.49 S	54 39 58.01 W
18	20 27 56.19 S	54 39 55.66 W	H11B	20 27 55.63 S	54 39 57.84 W
19	20 27 56.56 S	54 39 56.38 W	H12A	20 27 55.93 S	54 39 58.43 W
20	20 27 57.16 S	54 39 56.96 W	H12B	20 27 56.07 S	54 39 58.26 W
21	20 27 57.76 S	54 39 57.54 W	H13A	20 27 56.37 S	54 39 58.85 W
22	20 27 58.37 S	54 39 58.12 W	H13B	20 27 56.51 S	54 39 58.69 W
23	20 27 56.43 S	54 39 53.47 W	H14A	20 27 56.81 S	54 39 59.28 W
24	20 27 56.02 S	54 39 53.07 W	H14B	20 27 56.95 S	54 39 59.11 W
25	20 28 01.30 S	54 39 56.06 W			
26	20 28 00.26 S	54 39 56.81 W			
27	20 27 57.56 S	54 39 59.95 W			
28	20 28 00.61 S	54 39 57.19 W			
29	20 28 00.98 S	54 39 56.76 W			
30	20 28 01.35 S	54 39 56.32 W			

CHANGES: PARKING SPOT

AIRAC AMDT 2209A1 08 SEP 22

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO

SBCG_PDC_01F 2/2

Figura 3 - Carta de Plataforma de Estacionamento de aeródromo PUB/MIL SBCG - Disponível em: <https://aisweb.decea.mil.br/?i=aerodromos&codigo=SBCG>.

2.6 Además, es posible construir modelos tridimensionales utilizando la nube de puntos densificada para proporcionar a los expertos un producto de alta calidad para el estudio, la formación y la planificación de futuras actuaciones en el aeródromo, como se muestra en la Figura 4. Las imágenes de drones hacen que el proceso cartográfico sea más eficiente, preciso y rápido en la construcción de cartas aeronáuticas.



Figura 4 – Nube de puntos densificados a partir de la restitución proveniente de puntos densificados a partir de la restitución aerofotogramétrica con drones.

2.7 Por último, existe una reducción del tiempo para el levantamiento aerofotogramétrico del área de estudio, considerando la posibilidad de adquisición de imágenes a diferentes escalas, según la altitud de vuelo adoptada. Todo el mapeo fue realizado por dos operadores (un piloto remoto y un observador) en tierra en operación EVLOS (Línea de visión visual extendida), en la que el piloto remoto, sin la ayuda de lentes u otros equipos, no es capaz de mantener contacto visual directo con la aeronave, requiriendo la asistencia de un observador, para la realización segura del vuelo, manteniendo las separaciones previstas con otras aeronaves.

2.8 En la prospección clásica, se necesitaría un mayor número de operarios de campo, divididos a lo largo de la zona, teniendo en cuenta los tiempos y movimientos necesarios para recorrer todos los puntos de rotura. En función del flujo de maniobras de las aeronaves en el patio de un determinado aeródromo, es necesario crear polígonos de apoyo, densificar la red de apoyo geodésico y coordinar detalladamente con el control de tierra el desplazamiento de los equipos topográficos, lo que aumenta el coste en horas de trabajo y expone a los profesionales al riesgo de accidentes.

2.9 Para llevar a cabo los servicios de topografía clásica en las áreas operativas, es necesario prestar atención a los requisitos del Reglamento Brasileño de Aviación Civil (RBAC) N° 156 (Seguridad Operacional de Aeródromos - Operación, Mantenimiento y Respuesta a Emergencias) para que se cumplan los parámetros mínimos obligatorios de seguridad operativa y las responsabilidades de los operadores de aeródromos.

2.10 Para las operaciones con drones en el espacio aéreo brasileño, se deben observar las regulaciones para no generar impactos negativos en la seguridad y la capacidad del Sistema de Control del Espacio Aéreo Brasileño, prestando atención a la ICA 100-40 (Aeronaves No Tripuladas y el Acceso al Espacio Aéreo Brasileño). Para los sobrevuelos en regiones cercanas a los aeródromos, es necesario aportar la documentación para la solicitud en el Sistema SARPAS, como: Evaluación de Riesgos Operativos (ARO), Análisis de Impacto en la Seguridad Operativa (AISO), Carta de Acuerdo Operativo (CAOp) y Autorización del Centro Regional de Control de Tráfico Aéreo DECEA.

3 Conclusión

3.1 El uso de drones en la adquisición de información cartográfica de aeródromos aporta muchas ventajas cuando se desea construir modelos cartográficos precisos para la actualización de las Cartas Aeronáuticas. Con la posibilidad de restituir información cartográfica precisa, a través de la ortoimagen, el especialista puede elaborar cartas que proporcionen información aeronáutica esencial para la tripulación en las actividades de maniobra de las aeronaves en tierra. Además, reduce el coste de los equipos de topografía y promueve una mayor seguridad para los profesionales que trabajan varias veces en el aire, minimizando la posibilidad de accidentes en el trabajo en estos lugares.

4 Acciones sugeridas

4.1 La Reunión es invitada a:

- a) considerar el uso de drones para la cartografía de aeródromos;
- b) considerar la economía de recursos financieros para la actualización sistemática de los mapas terrestres aeronáuticos; y
- c) considerar la posibilidad de generar bases cartográficas precisas para la planificación estratégica de los movimientos de las aeronaves en tierra.