



**Departamento
de Controle do Espaço Aéreo**
Department of Airspace Control



**Instituto de Cartografia
Aeronáutica**



USO DE DRONE PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS DE AERÓDROMO

TEN CGR NELSON FEIJOLI DIAMANTINO
Jefe de da Sección de Operaciones de Campo
Instituto de Cartografia Aeronáutica



- Legislação Aplicada;
- Organos Públicos;
- Modelo de Aeronave Utilizadas em Fotogrametria Aérea;
- Softwares Utilizado;
- Fotogrametria Aérea, Restituição y Resultados.

PRINCIPAIS NORMAS:

- **Lei Federal nº 7.565/86: Dispõem sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica.**
- **ICA 100-40: Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro.**
- **ICA 100-12: Regras do Ar.**
- **MCA 56-5: Aeronaves Não Tripuladas para Uso Exclusivo em Operações Aéreas Especiais.**
- **MCA 100-16: Fraseologia de Tráfego Aéreo.**
- **RBAC-E nº 94: Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil.**
- **IS nº E94-003: Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas.**
- **PORTARIA Nº 3703/GM-MD, de 06 de setembro de 2021: Dispõem sobre os procedimentos, prazos para resposta dos atos requeridos junto ao Ministério da Defesa e estabelecimento dos níveis de risco à atividade de aerolevantamento no território nacional.**
- **ANATEL – Resolução nº 242 – Regulamento para certificação e homologação de produtos para telecomunicações.**

ORGANOS PÚBLICOS



Links ÚTILES:

SARPAS (DECEA): <https://servicos.decea.mil.br/sarpas/>

MOSAICO (ANATEL): <https://sistemas.anatel.gov.br/>

SISANT (ANAC): <https://sistemas.anac.gov.br/sisant>

SisCLATEN (Ministério da Defesa): <https://sisclaten.defesa.gov.br/>



Modelos de Aeronaves Utilizada em Fotogrametria Aérea



RTK Module

SOFTWARES UTILIZADO



Photogrammetry and Geospatial software



PIX4Dmapper

Photogrammetry software for professional drone mapping



PIX4Dsurvey

Bridge the gap between photogrammetry and CAD



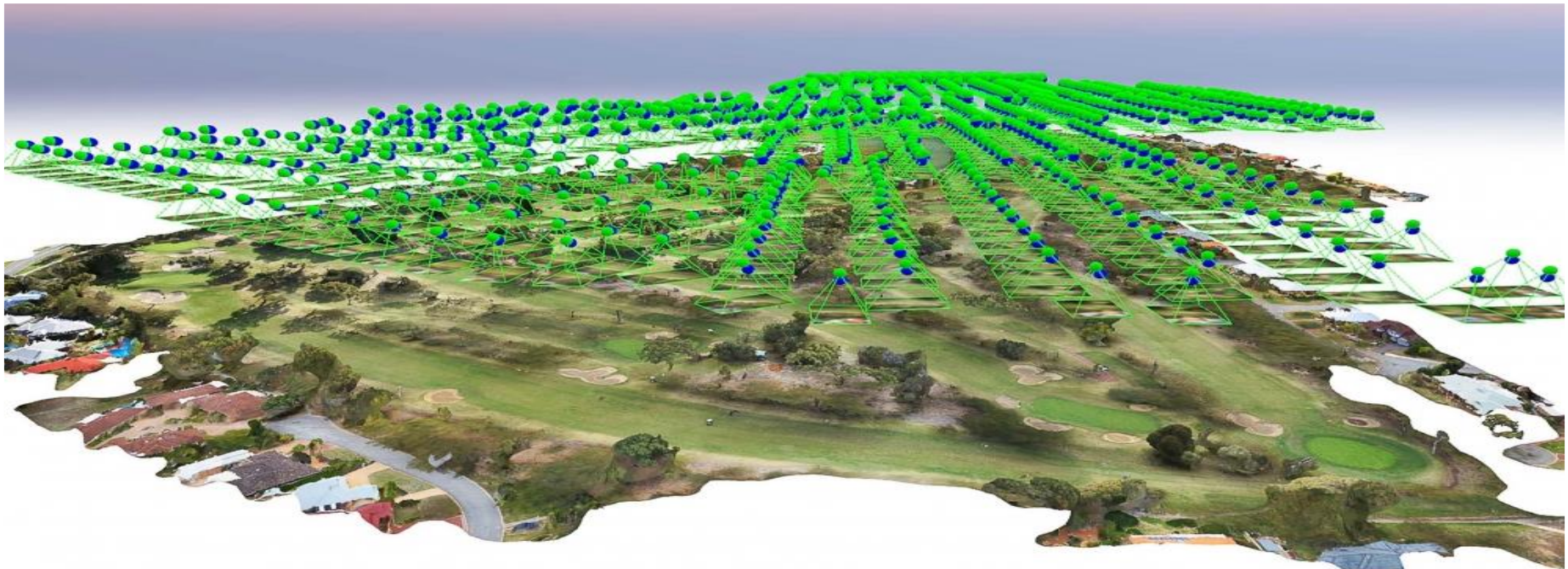
PIX4Dmatic

Photogrammetry on a large scale



PIX4Dcloud

Online platform for drone mapping, progress tracking, and site documentation

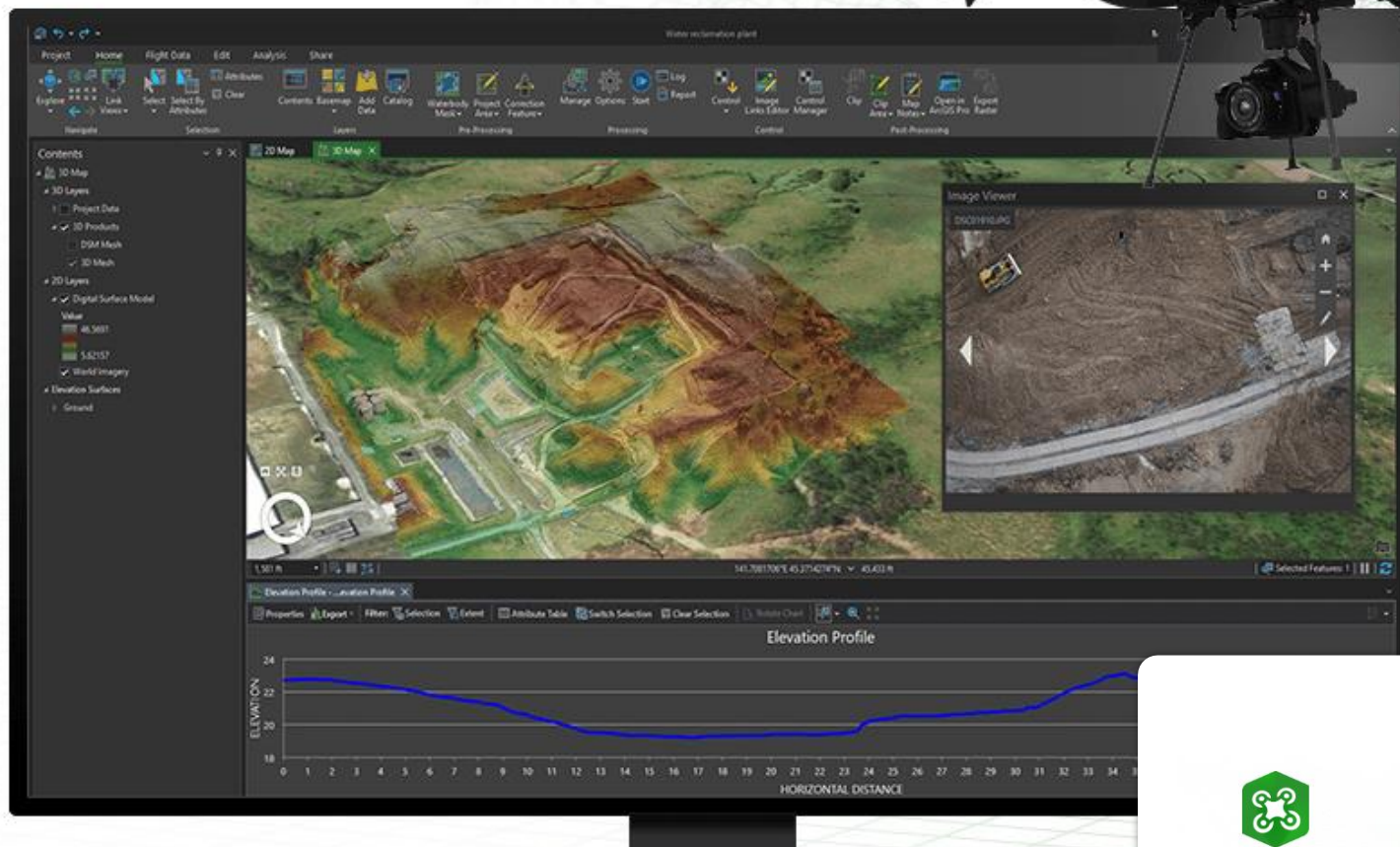


Instituto de Cartografia
Aeronáutica



FORÇA AÉREA BRASILEIRA
Asas que protegem o País

SOFTWARES UTILIZADO



ArcGIS Drone2Map



Instituto de Cartografia
Aeronáutica



FORÇA AÉREA BRASILEIRA
Asas que protegem o País

FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



El uso de drones para la realización de reconocimientos aéreos en aeropuertos supone una importante evolución en la gestión y mantenimiento de las infraestructuras aeroportuarias, así como en la seguridad y la planificación urbana de las zonas adyacentes. Estos aviones no tripulados ofrecen una flexibilidad notable, lo que permite recopilar datos precisos y detallados desde áreas de difícil acceso sin la necesidad de interrumpir las operaciones del aeropuerto. Por ejemplo, los drones equipados con cámaras de alta resolución y sensores LiDAR pueden mapear la topografía del terreno, identificar posibles obstáculos a la navegación aérea y monitorear el estado de las pistas en tiempo real. Esta capacidad de realizar inspecciones periódicas y detalladas contribuye a mantener la seguridad y eficiencia de las operaciones aeroportuarias.

Los productos cartográficos generados a partir de estos reconocimientos aéreos son variados y de gran valor para los administradores de aeropuertos. Incluyen, entre otros, modelos digitales de superficie y terreno (MDS y MDT), ortofotos de alta resolución, mapas de pendientes y curvas de nivel. Estos productos permiten una planificación detallada de nuevas infraestructuras, una gestión eficaz del espacio aéreo y la mitigación de riesgos medioambientales. Por ejemplo, se puede utilizar un MDT para simular inundaciones e identificar áreas de riesgo alrededor del aeropuerto, mientras que las ortofotos actualizadas ayudan a monitorear los cambios en el paisaje y la cobertura del suelo. El uso de drones en reconocimientos aéreos no sólo aumenta la precisión y eficiencia de estos estudios, sino que también abre el camino a nuevas posibilidades de análisis y planificación en entornos aeroportuarios y urbanos.

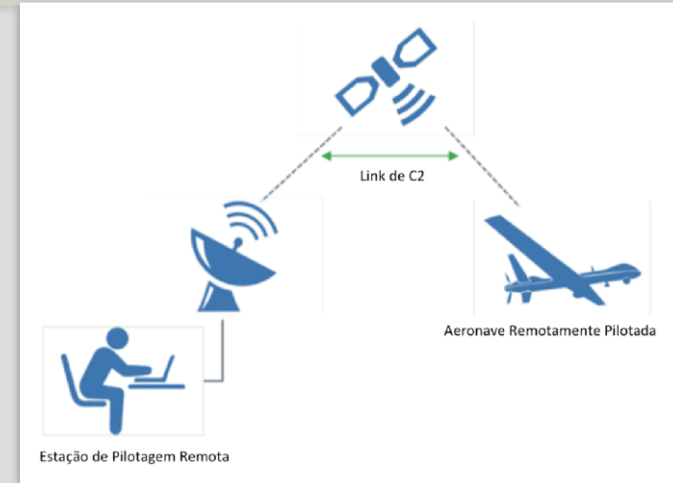


FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



El proceso de restitución fotogramétrica aérea de imágenes captadas por drones es una técnica avanzada que transforma fotografías aéreas en mapas, modelos tridimensionales y otros productos cartográficos precisos. Este procedimiento comienza con una planificación detallada del vuelo de los drones, que debe cubrir el área de interés con superposiciones de imágenes longitudinales y transversales adecuadas, asegurando una cobertura completa y la captura de detalles esenciales del terreno. Utilizando cámaras de alta resolución y, a menudo, sensores geoespaciales, los drones realizan sobrevuelos programados, capturando imágenes que luego serán procesadas. Luego, estas imágenes se someten a un proceso de calibración y corrección para eliminar distorsiones ópticas y garantizar la precisión geométrica.

En la propia fase de restitución, las imágenes se alinean y superponen, utilizando puntos de control del terreno conocidos para calibrar la escala y orientación de las imágenes. El software especializado utiliza técnicas de fotogrametría para identificar puntos homólogos en superposiciones de imágenes, lo que permite la reconstrucción de características tridimensionales del terreno. Este proceso da como resultado la generación de modelos digitales de superficie (MDS) y modelos digitales de terreno (MDT), además de ortofotomosaicos, que son imágenes corregidas geométricamente, que proporcionan una representación precisa de la superficie terrestre.



FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS

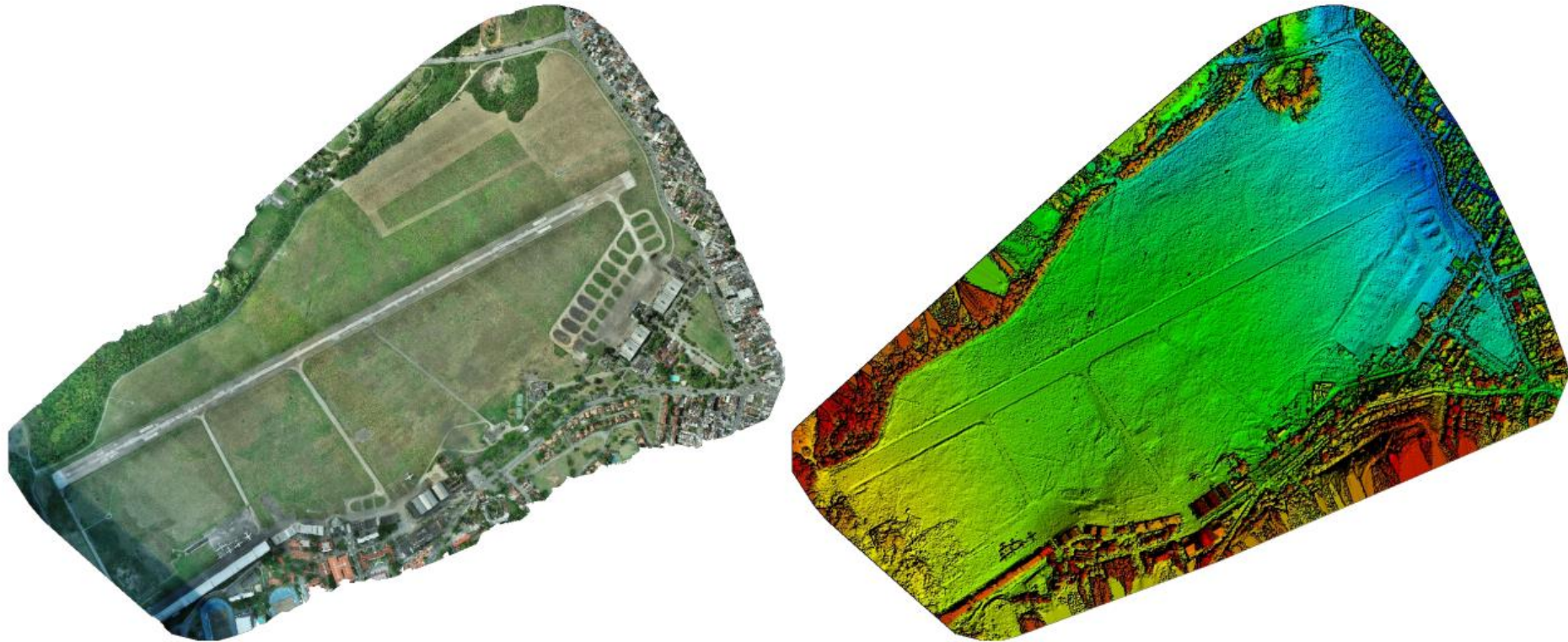
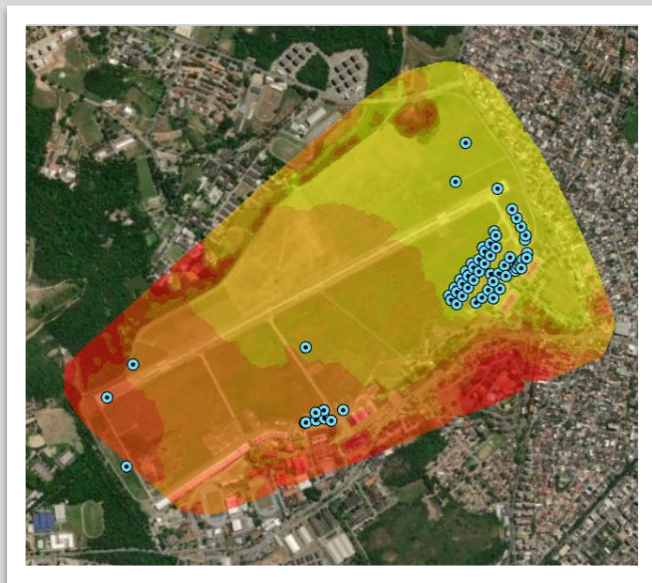
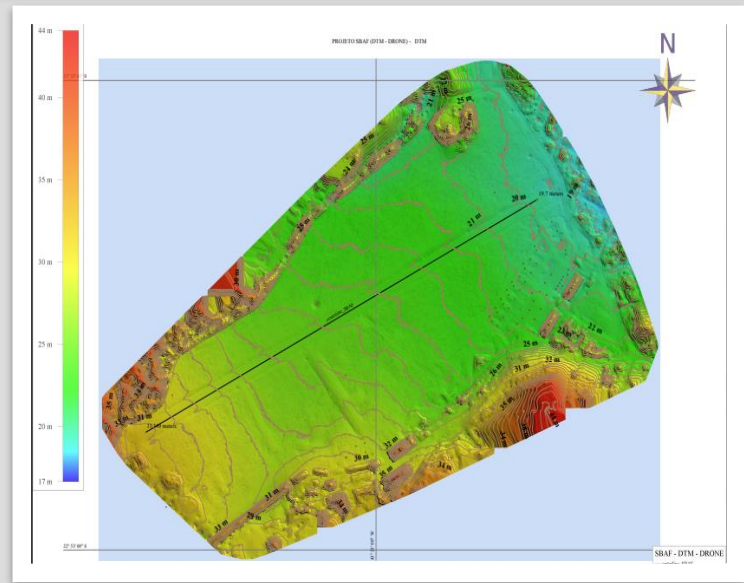


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

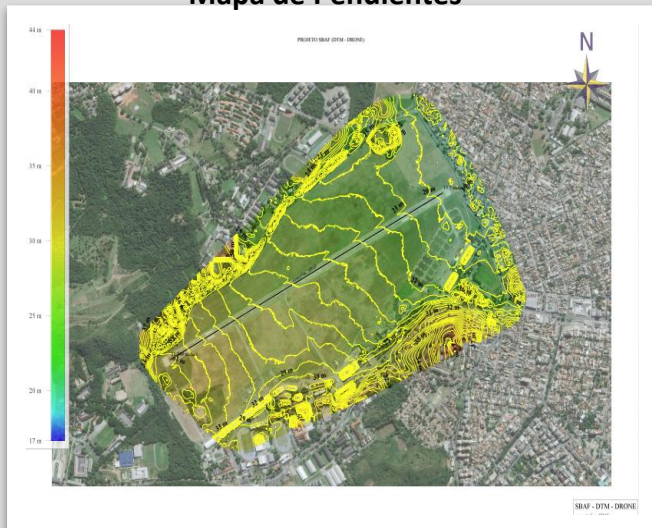
FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



Mapa de Pendientes



Modelo Digital del Terreno (MDT)



Preparación de Curvas de Nivel



Determinación de Obstáculos

FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



Inspecciones de Pintura y Pavimentación



Estudio para la implantación auxílios a la navegación aérea

FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



Elaboración de Perfil de Vía Longitudinal



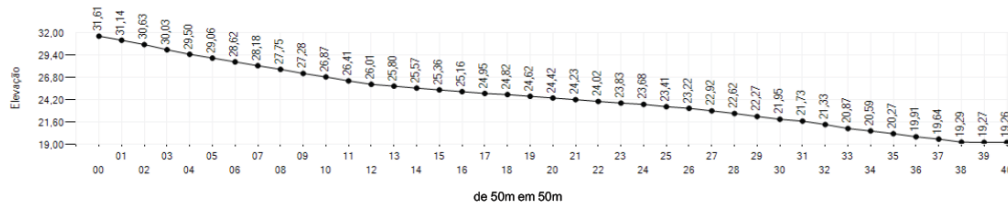
Comando da Aeronáutica
Departamento de Controle do Espaço Aéreo
Instituto de Cartografia Aeronáutica

Subdivisão de Cartografia
Seção de Operações de Campo
Perfil Longitudinal

Aeródromo: RIO DE JANEIRO / Campo Délio Jardim de Mattos, RJ SBAF

Pista: THR 08 / THR 26
Data do Levantamento: 01/06/2020

Referência de Altitude: INS
Dimensões: 2000,85 m x 52,00 m
Piso: CONCRETO



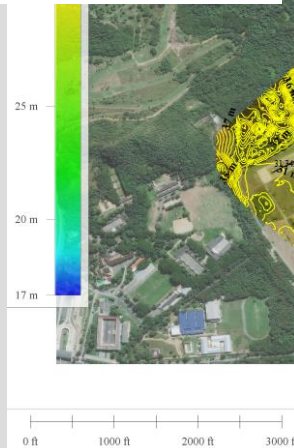
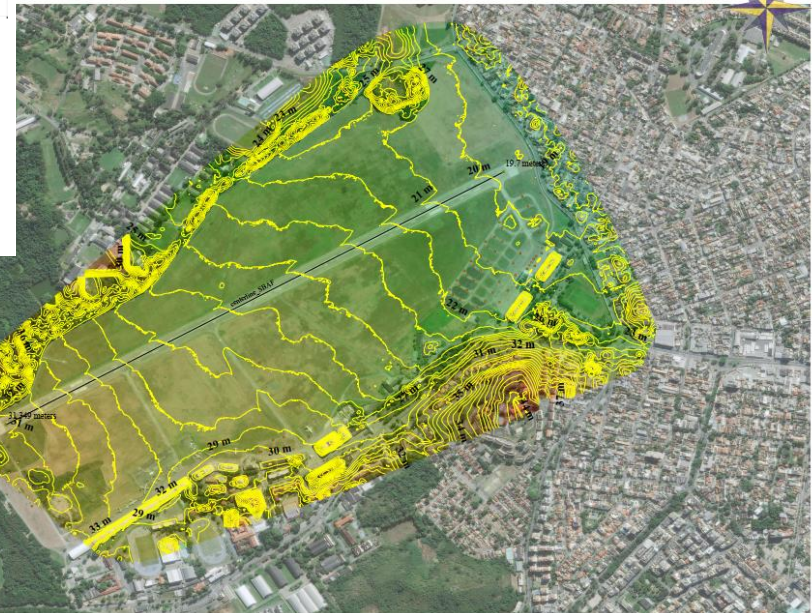
Estaca: 0 (THR 08)
Estaca: 40 (THR 26)

Ponto de Maior Elevação do Perfil (m): 31,61

Observações:

- 1 - Este nivelamento substitui o nivelamento de set 2016. O nivelamento de 2016 encontra-se arquivado em PDF na pasta do Aeródromo; 2
- O comprimento da pista foi alterado devido a relocação dos marcos de THR, e os mesmos ficando a 5,89 metros da faixa de THR; e
- 3 - A distância entre as estacas é de 50 metros, iniciando-se na THR 08, sendo que a distância entre as estacas 39 a 40 (THR 26) é de 50,85 metros.

PROJETO SBAF (DTM - DRONE)



SBAF - DTM - DRONE
--- contour: SBAF
- GENERATED CONTOURS: 1m
• Pontos: In campo
• User Created Features



Instituto de Cartografia
Aeronáutica

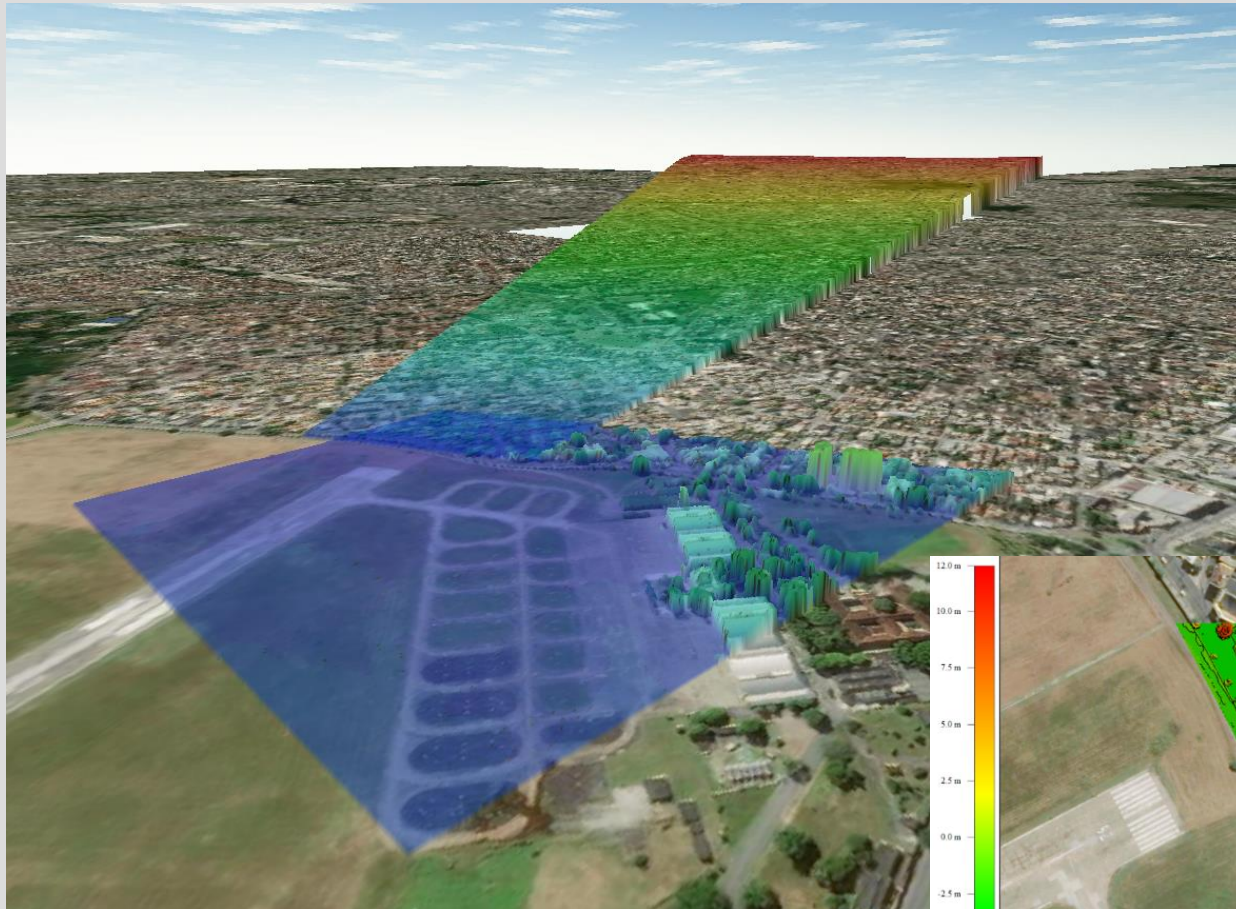


FORÇA AÉREA BRASILEIRA
Asas que protegem o País

FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



Implementaciones en el Plan Básico de Zonas de Protección del Aeródromos



Implementaciones en el Plan Básico de Zona de Protección del Aeródromos



Generación de Nube de Puntos 3D



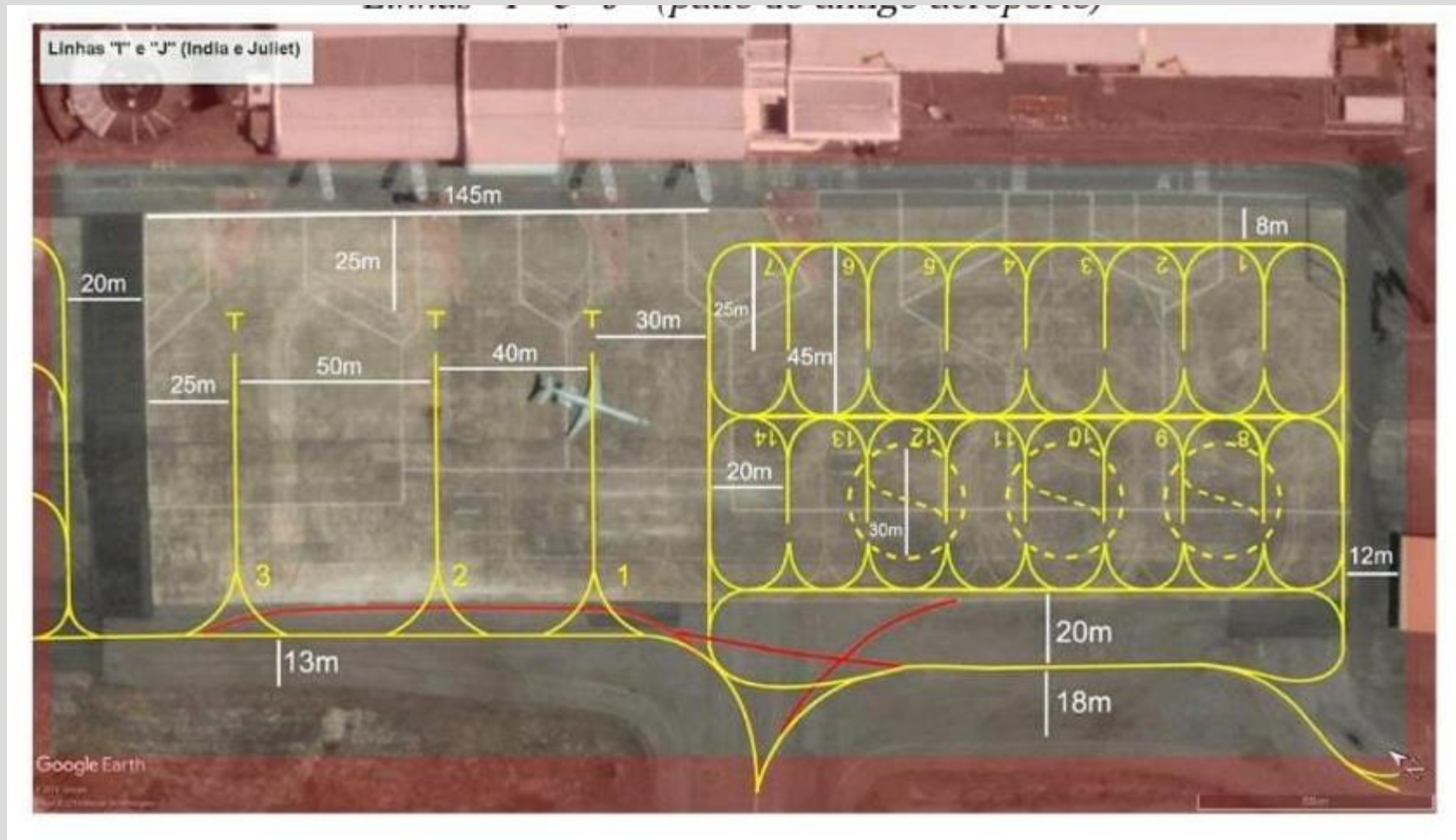
FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



Soporte de fotogrametría aérea para proyecto de pintura de patio.



Soporte de fotogrametría aérea para proyecto de pintura de patio.





Elaboración de Cartas ADC y PDC

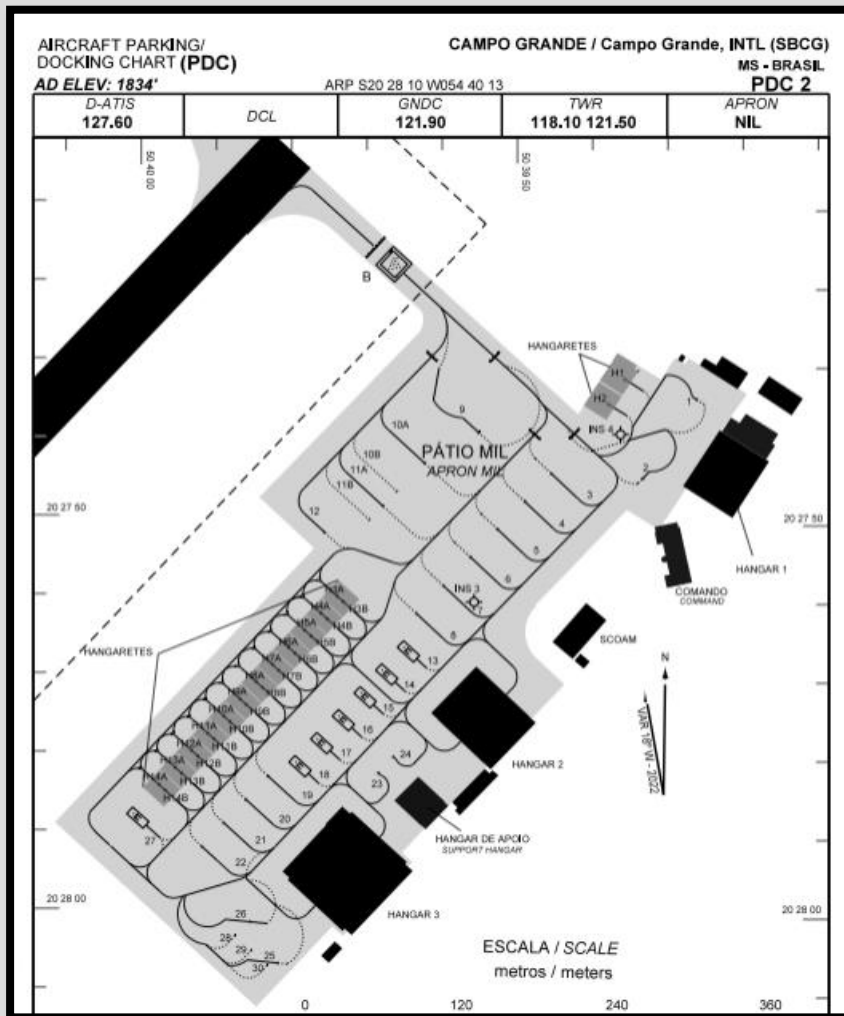
Cartas de Aeródromo (ADC): Carta destinada a proporcionar a los miembros de la tripulación información que facilite el movimiento de sus respectivas aeronaves en la superficie de un aeródromo, incluyendo detalles sobre el movimiento desde el estacionamiento hasta la pista, y viceversa, además de datos como la identificación de pistas, estacionamientos, elevación del aeródromo y sus coordenadas geográficas, en grados, minutos y segundos.

Cartas de Estacionamiento de Aeronaves (PDC): Tienen como objetivo proporcionar los detalles necesarios para los movimientos de aeronaves entre calles de rodaje y posiciones de estacionamiento en plataforma y viceversa.

Data extraction



CONFECCION DE CARTAS PDC



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

FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS



PRECISÃO E ACURÁRIA EM AEROLEVANTAMENTOS



Instituto de Cartografia
Aeronáutica



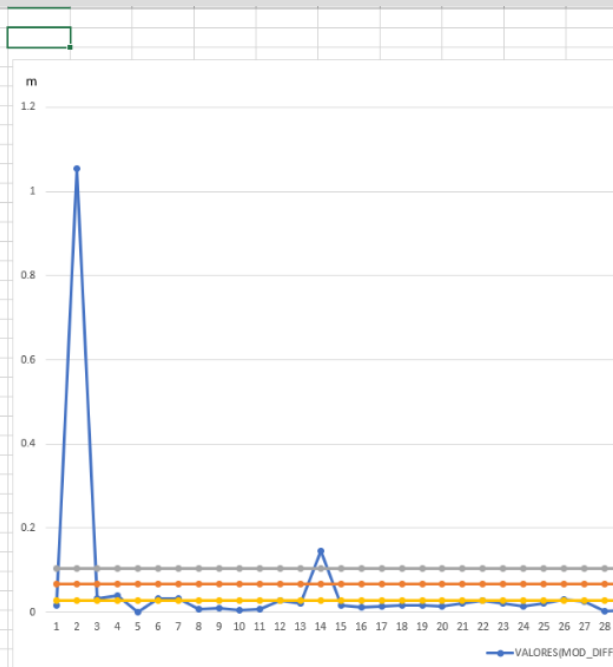
FORÇA AÉREA BRASILEIRA
Asas que protegem o País

FOTOGRAMETRIA AÉREA, RESTITUCIÓN Y RESULTADOS

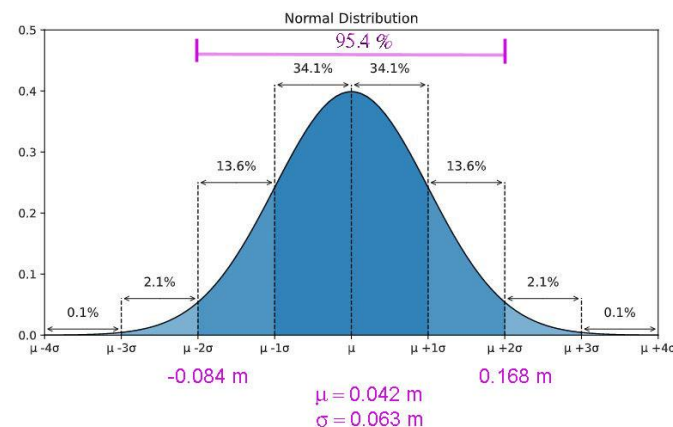


La integración de la tecnología RTK (Real Time Kinematic) en drones para levantamientos en sitios aeroportuarios representa un avance significativo en la precisión cartográfica, permitiendo generar información aeronáutica con niveles de precisión que antes eran difíciles de alcanzar mediante métodos convencionales. Los drones equipados con RTK utilizan correcciones de señal GPS en tiempo real, lo que permite determinar la posición del dron con precisión centimétrica, tanto al capturar imágenes aéreas como al medir puntos específicos del terreno. Esta alta precisión es crucial en los entornos aeroportuarios, donde se deben mapear con precisión detalles minuciosos del terreno, los obstáculos y la infraestructura para garantizar la seguridad de las operaciones aéreas y la eficacia de la planificación y gestión del aeropuerto.

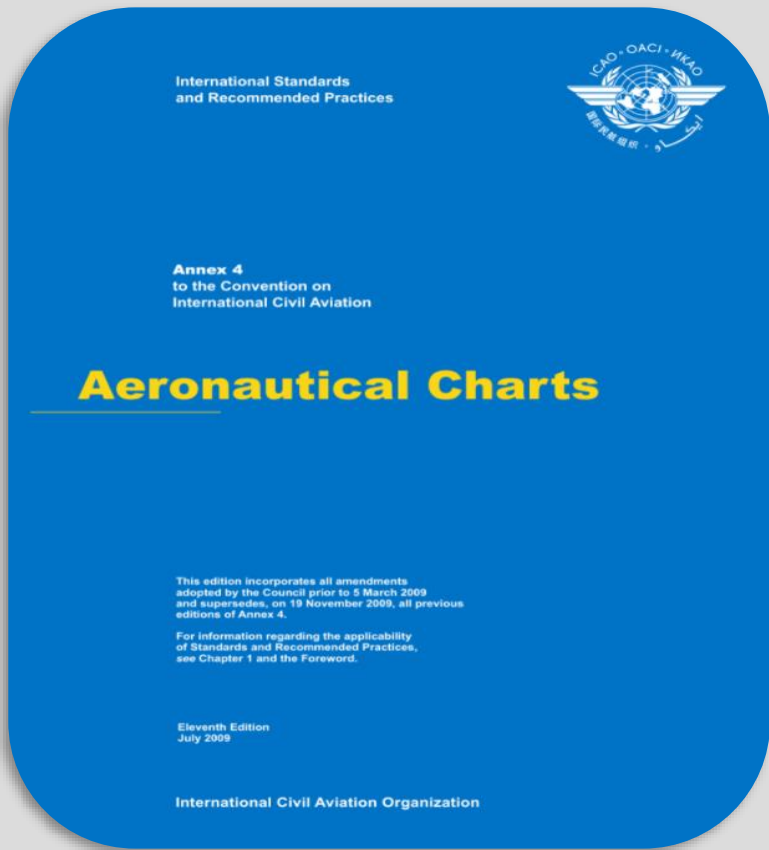
PONTO	VALORES(MOD_DIFF[m])	MÉDIA	LIMSUP	LIMINF
1	0.01535	0.066088	0.104368	0.027808
2	1.05465	0.066088	0.104368	0.027808
3	0.03234	0.066088	0.104368	0.027808
4	0.03899	0.066088	0.104368	0.027808
5	0	0.066088	0.104368	0.027808
6	0.03151	0.066088	0.104368	0.027808
7	0.03212	0.066088	0.104368	0.027808
8	0.00617	0.066088	0.104368	0.027808
9	0.01028	0.066088	0.104368	0.027808
10	0.00558	0.066088	0.104368	0.027808
11	0.00631	0.066088	0.104368	0.027808
12	0.02824	0.066088	0.104368	0.027808
13	0.01984	0.066088	0.104368	0.027808
14	0.14493	0.066088	0.104368	0.027808
15	0.01703	0.066088	0.104368	0.027808
16	0.01083	0.066088	0.104368	0.027808
17	0.01416	0.066088	0.104368	0.027808
18	0.0161	0.066088	0.104368	0.027808
19	0.01533	0.066088	0.104368	0.027808
20	0.01382	0.066088	0.104368	0.027808
21	0.0204	0.066088	0.104368	0.027808
22	0.02818	0.066088	0.104368	0.027808
23	0.02038	0.066088	0.104368	0.027808
24	0.01508	0.066088	0.104368	0.027808
25	0.02001	0.066088	0.104368	0.027808
26	0.03022	0.066088	0.104368	0.027808
27	0.02604	0.066088	0.104368	0.027808
28	0.00191	0.066088	0.104368	0.027808
29	0.00448	0.066088	0.104368	0.027808
30	0.00043	0.066088	0.104368	0.027808
31	0.00581	0.066088	0.104368	0.027808
32	0.04643	0.066088	0.104368	0.027808
33	0.04118	0.066088	0.104368	0.027808
34	0.0229	0.066088	0.104368	0.027808
35	0.03607	0.066088	0.104368	0.027808
36	0.00993	0.066088	0.104368	0.027808



OUTLIERS



PRODUCTOS CARTOGRAFICOS



Anexo 4 — Cartas aeronáuticas Apéndice

Tabla 2. Elevación/altitud/altura

Elevación/altitud/altura	Resolución de la carta	Clasificación de datos según la integridad
Elevación del aeródromo/heliporto	1 m o 1 ft	esencial
Ondulación geoidal del WGS-84 en la posición de la elevación del aeródromo/heliporto	1 m o 1 ft	esencial
Umbral de la pista o de la FATO, para aproximaciones que no sean de precisión	1 m o 1 ft	esencial
Ondulación geoidal del WGS-84 en el umbral de la pista o de la FATO, centro geométrico de la TLOF, para aproximaciones que no sean de precisión	1 m o 1 ft	esencial
Umbral de la pista o de la FATO, aproximaciones de precisión	0,5 m o 1 ft	crítica
Ondulación geoidal del WGS-84 en el umbral de la pista o de la FATO, centro geométrico de la TLOF para aproximaciones de precisión	0,5 m o 1 ft	crítica
Altura sobre el umbral, [Altura de referencia (datum)], aproximaciones de precisión	0,5 m o 1 ft	crítica
Altitud/altura de franqueamiento de obstáculos (OCA/H)	según lo especificado en los PANS-OPS (Doc 8168)	esencial
Obstáculos en el Área 1 (todo el territorio del Estado)	3 m (10 ft)	ordinaria
Obstáculos en el Área 2	1 m o 1 ft	esencial
Obstáculos en el Área 3	1 m o 1 ft	esencial
Equipo radiotelemétrico (DME)	30 m (100 ft)	esencial
Altitud para los procedimientos de aproximación por instrumentos	según lo especificado en los PANS-OPS (Doc 8168)	esencial
Altitudes mínimas	50 m o 100 ft	ordinaria
Altura de franqueamiento del heliporto, aproximaciones PinS	1 m o 1 ft	esencial

Nota.— Véanse en el Anexo 15, Apéndice 8, las ilustraciones gráficas de las superficies y criterios de recopilación de datos sobre obstáculos utilizados para determinar obstáculos en las zonas definidas.

¿Puedo lograr confiabilidad en los productos de Levantamiento Fotogramétrico Aéreo con Drones?



TCA 53-2 | PUBLICAÇÕES DECEA

**MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DA AERONÁUTICA
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO**



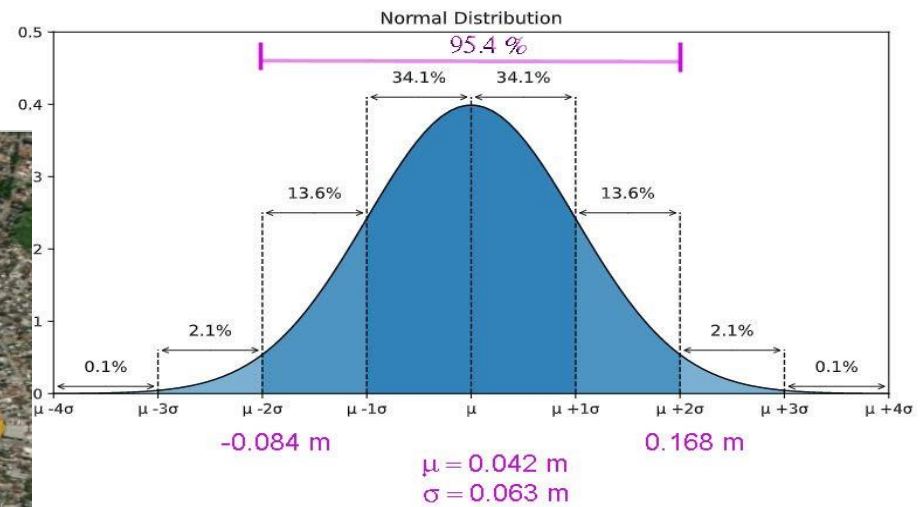
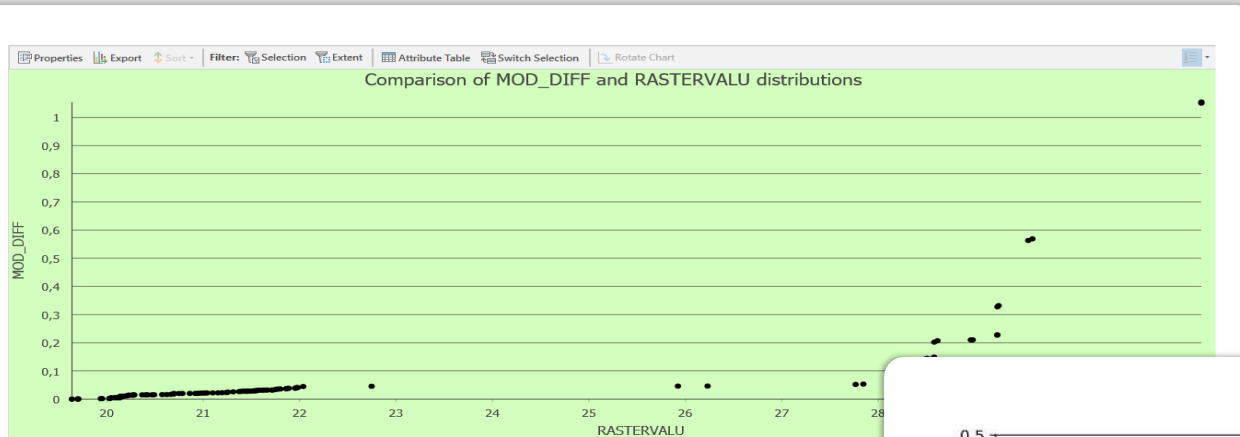
INFORMAÇÃO AERONÁUTICA

TCA 53-2

**CATÁLOGO DE REQUISITOS DE DADOS E
INFORMAÇÕES AERONÁUTICAS**

2019

ANÁLISIS DE ERRORES EN DTM – DATOS ESTADÍSTICOS



PRINCIPALES VENTAJAS DE LAS OPERACIONES CON DRONES



1. Agilidad en la Recolección de Datos: Los drones pueden cubrir extensas áreas en poco tiempo, permitiendo la rápida recolección de datos aeronáuticos esenciales para la operación y mantenimiento de los aeropuertos.

2. Alta Precisión y Resolución: Equipados con tecnologías avanzadas como cámaras de alta definición y sensores LiDAR, los drones ofrecen imágenes y datos con alta precisión y resolución, esenciales para el mapeo detallado de las áreas aeroportuarias.

3. Reducción de Costos: El uso de drones para el mapeo aeronáutico es más económico en comparación con los métodos tradicionales, como los estudios terrestres o el mapeo aéreo con aeronaves tripuladas, principalmente en términos de recursos humanos y equipos.

4. Flexibilidad operativa: los drones se pueden implementar y adaptar rápidamente a diversas condiciones climáticas y tipos de terreno, lo que brinda flexibilidad operativa para el mapeo aeronáutico.

5. Seguridad mejorada: el uso de drones reduce la necesidad de personal en el campo, minimizando los riesgos asociados con el trabajo en áreas peligrosas o de difícil acceso dentro y alrededor de los aeropuertos.

6. Actualización Frecuente de Datos: Los drones permiten la actualización frecuente de información aeronáutica, esencial para mantener la seguridad y eficiencia de las operaciones aeroportuarias, dada la dinámica de cambios en el entorno aeroportuario.

7. Minimizar las interrupciones operativas: el mapeo con drones se puede realizar sin interrumpir las operaciones del aeropuerto, a diferencia de los métodos tradicionales que pueden requerir cierres temporales de pistas o áreas.

8. Diversidad de datos recopilados: además de imágenes aéreas, los drones pueden equiparse con una variedad de sensores para recopilar diferentes tipos de datos, como térmicos, multiespectrales e hiperespectrales, ampliando el espectro de posibles análisis.

9. Apoyo a la Planificación y el Desarrollo: La información detallada obtenida por drones es fundamental para la planificación de nuevas infraestructuras y para el desarrollo sostenible de las zonas aeroportuarias y su entorno.

10. Análisis y Prevención de Riesgos Ambientales: Los drones facilitan la identificación y monitoreo de riesgos ambientales, como erosión, inundaciones e invasión de fauna, contribuyendo a la gestión efectiva de las áreas aeroportuarias y a la minimización de potenciales impactos a las operaciones aéreas.

USO DE DRONE PARA LEVANTAMENTO DE DATOS DE AERÓDROMO

