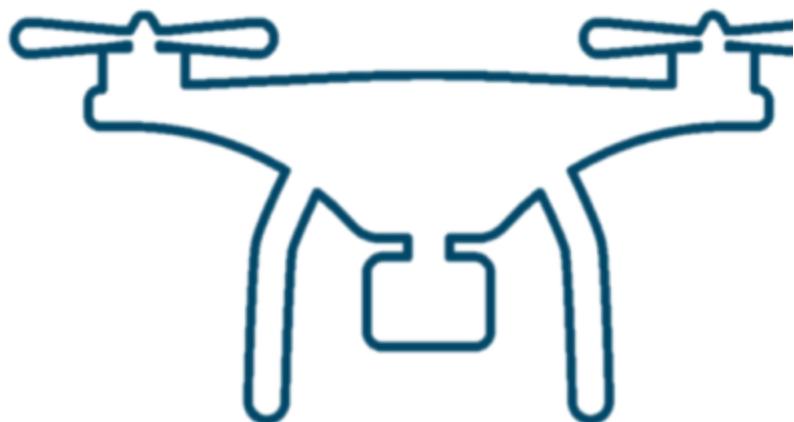


2025

OPERAÇÃO COM DRONES NA GESTÃO DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO

Legislação, Pilotagem e
Aerolevantamento - RPA Classe 3



SPU
SECRETARIA DO
PATRIMÔNIO DA UNIÃO

MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INovaÇÃO
EM SERVIÇOS PÚBLICOS

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNião E RECONSTRUÇÃO



MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS
SECRETARIA DE PATRIMÔNIO DA UNIÃO

OPERAÇÃO COM DRONES NA GESTÃO DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO

Legislação, Pilotagem e Aerolevantamento - RPA Classe 3

ORGANIZAÇÃO

Tatiane Eugênia Rezende Correia

Brasília, Brasil
2025





EXPEDIENTE

Ministério da Gestão e Inovação em Serviços Públicos - MGI

Esther Dweck - *Ministra de Estado*

Cristina Kiomi Mori - *Secretária Executiva*

Secretaria do Patrimônio da União - SPU

Carolina Gabas Stuchi - *Secretária*

Alessandra d'Avila Vieira - *Secretária Adjunta*

Diretoria de Caracterização e Incorporação de Imóveis - DECIP

Thais Brito de Oliveira - *Diretora*

Coordenação Geral de Fiscalização – CGFIS

Danilo dos Santos Silva - *Coordenador-Geral*

Antonio Afonso Cordeiro Júnior - *Coordenador*

Equipe Técnica

Artur dos Santos Pereira Neto

Celso José Lopes Mugarte

Djinne da Silva Reagan

Manoel Roberto Silva de Souza

Marcos Vinicius Soares Senna

Rodrigo Pessoa Trajano

Thaís Rolim

Victor Alves de Oliveira

Laboratório de Sistemas de Informações Geográficas da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Profa. Msc. Tatiane Eugênia Rezende Correia

Diagramação

Thaís Rolim



APRESENTAÇÃO

A Secretaria do Patrimônio da União (SPU), órgão estratégico vinculado ao Ministério da Gestão e Inovação em Serviços Públicos, gerencia quase 1 milhão de imóveis da União, desempenhando papel fundamental no apoio às principais políticas públicas do Brasil. Nossa atuação direta em programas estruturantes como regularização fundiária, desenvolvimento urbano, habitação social e proteção ambiental transforma o patrimônio público em instrumento concreto de desenvolvimento nacional e promoção da justiça social.

Este manual consolida um importante avanço na transformação e inovação da gestão patrimonial, ao incorporar o uso estratégico de drones como ferramenta de precisão. Com essa tecnologia, é possível realizar a fiscalização eficiente de imóveis em todo o território nacional, agilizar o monitoramento de áreas de difícil acesso e executar levantamentos topográficos com significativa redução de custos e tempo. A tecnologia fortalece o Programa Imóvel da Gente, uma iniciativa do Governo Federal que destina imóveis sem uso ou ociosos para políticas públicas essenciais, como habitação, educação, assistência social, saúde, cultura e esporte. Além disso, essa tecnologia apoia outros programas prioritários da SPU, incluindo a Regularização Fundiária Urbana (Reurb), o Minha Casa Minha Vida e a gestão estratégica de terras públicas, ampliando a eficiência e o impacto dessas ações.

Desenvolvido em parceria com a Universidade de Brasília, este material representa um marco na capacitação técnica de servidores, alinhando-se plenamente à Estratégia de Transformação Digital do Governo Federal. Mais do que um guia operacional, esta publicação simboliza nosso compromisso inabalável com a modernização do serviço público, onde tecnologia de ponta, eficiência administrativa e transparência se unem para garantir a melhor gestão do patrimônio que pertence a todos os brasileiros.

Carolina Gabas Stuchi

Secretária do Patrimônio da União



APRESENTAÇÃO

A presente obra, intitulada *“Operação com Drones na Gestão do Patrimônio da União”*, foi desenvolvida no âmbito do Termo de Execução Descentralizada (TED), firmado entre a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), do Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), e o Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais (LSIE) da Universidade de Brasília (UnB), com o objetivo de abordar temas relacionados a inovações tecnológicas em sensoriamento remoto, voltadas à capacitação, normatização e aplicação na administração e preservação dos bens da União.

Este material didático é composto por apostila e videoaulas, que sistematizam conhecimentos sobre legislação, pilotagem e aerolevantamento com drones da Classe 3, estabelecendo os fundamentos metodológicos e práticos para a capacitação de técnicos e gestores, visando à operação segura e eficaz desses equipamentos.

O conteúdo da apostila busca atender à crescente necessidade de produção de dados geoespaciais do patrimônio sob administração pública, de forma ágil, precisa e eficiente — fatores indispensáveis à modernização da fiscalização e da gestão. O advento dessa inovação tecnológica permite a aquisição de imagens de alta resolução, modelos tridimensionais do terreno e levantamentos topográficos detalhados, que constituem subsídios estratégicos para o efetivo controle do patrimônio público federal e a redução de custos operacionais.

Dessa forma, intensificar as fiscalizações remotas com drones reduz os riscos de execução em áreas de difícil acesso e amplia o combate a ocupações irregulares, à degradação ambiental e a outras violações ao patrimônio público.

Por fim, este manual representa um avanço no processo de aprendizagem continuada dos servidores da SPU no emprego de drones, contribuindo para sua ampla disseminação.

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Laboratório de Sistemas de Informações Geográficas da UnB



SUMÁRIO

1.	Legislação Aplicada a RPA Classe 3 – Órgão Público.....	15
•	Tipos de operação	16
•	Classes	16
•	Documentação	17
•	Regras de voo	17
•	Certificados de aeronavegabilidade	19
•	Autorizações	21
•	Posse de Documentos (Classe 3, órgão estadual)	24
•	Parâmetros de operação	25
•	Avaliação de Risco Operacional.....	27
2.	Legislação de Aerolevantamento	29
•	Inscrição	30
•	Autorização.....	31
3.	Georreferenciamento de Imóveis Rurais	33
•	Tipos de limites	33
•	Tipos de Vértices	34
•	Codificação de Vértices	34
•	Métodos de posicionamento GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite)	35
•	Métodos de posicionamento por Sensoriamento Remoto.....	36
•	Aplicação dos métodos de posicionamento	37
•	Guarda de peças técnicas e documentação.....	38
4.	Sistemas Públicos.....	38
•	SISANT	39
•	SARPAS.....	41
5.	Cuidados básicos.....	46
•	Aeronave	46
•	Bateria	47
•	Controle.....	47
•	Hélices	48
•	Software	48
•	Memória.....	49
•	Pilotagem.....	49
•	Condições meteorológicas	49



6.	Operação.....	51
•	Pilotagem.....	51
•	GNSS	54
7.	DJI GO	56
•	Configurações do Projeto.....	58
•	Configurações da Câmera.....	59
•	Configurações avançadas	59
•	Sincronização com base GNSS.....	59
8.	Planejamento de Voo	60
•	Sensor.....	61
•	Altitude	63
•	Sobreposição	64
•	Pontos de Controle e Checagem	64
•	Drone Deploy.....	67
•	Pix4D.....	70
•	3DsurveyPilot	72
9.	Agisoft Metashape (v 2.1.1).....	74
•	Calibração de câmera	76
•	Configurações Iniciais.....	81
•	Adicionando imagens	81
•	Estimar qualidade das imagens.....	82
•	Converter SGR	83
•	Configurações do projeto.....	84
•	Importar máscaras	84
•	Alinhamento	85
•	Otimizar fotos	87
•	Pontos de Controle (Pontaria).....	87
•	Nuvem Densa	89
•	Classificação	89
•	Modelo 3D.....	90
•	Suavização (MDT)	91
•	Tiled Model (MDS)	92
•	• DEM	93
•	Curva de nível (MDT).....	94
•	Recortar área de interesse	94



•	Ortomosaico	95
•	Edição do ortomosaico.....	96
•	Construir textura	97
•	Exportar dados	98
•	Relatório	100
10.	WebODM	101
•	Instalação WebODM.....	102
•	Pontaria	104
•	Novo projeto	106
•	Imagens	107
•	Configuração do projeto e processamento.....	108
•	Resultados	110
•	Curvas de nível	112
•	Medições	113
•	Adicionar vetor.....	114
•	Recortar	115
•	Downloads.....	115
•	Relatório	116
11.	Vídeos	118
12.	Referencial.....	121



ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Tipos de Operação	16
Figura 2 Esquema de prazo de solicitação de autorização de voo de RPA Classe 3 junto ao SARPAS	24
Figura 3 Esquema de prazo de solicitação de autorização de aerolevantamento de RPA Classe 3 junto ao SARPAS.....	24
Figura 4 Zona de aproximação e decolagem (MCA 56-3 item 1.4.1.36)	25
Figura 5 Áreas de operação entorno de aeródromo (ICA 100-40/2023)	26
Figura 6 Áreas de operação entorno de heliponto e aeródromo (ICA 100-40/2023).....	26
Figura 7 Áreas de operação entorno de aeródromo (MCA 56-5/2023)	27
Figura 8 Áreas de operação entorno de heliponto e aeródromo (MCA 56-5/2023).....	27
Figura 9 Codificação de vértices (MTGIR 2ª Edição).....	35
Figura 10 Login SISANT	39
Figura 11 Ambiente SISANT	40
Figura 12 Cadastro de Drone SISANT.....	40
Figura 13 Painel lateral SARPAS	41
Figura 14 Cadastrar organização SARPAS	42
Figura 15 Etapa 1 cadastro da organização SARPAS	42
Figura 16 Etapa 2 cadastro da organização SARPAS	42
Figura 17 Etapa 3 cadastro da organização SARPAS	43
Figura 18 Conclusão do cadastro da organização SARPAS	43
Figura 19 Alteração de Perfil (CPF/CNPJ) SARPAS.....	43
Figura 20 Sincronização SISANT/ SARPAS	43
Figura 21 Adicionar membros da organização SARPAS	44
Figura 22 Adicionar novo membro SARPAS.....	44
Figura 23 Aceitar vínculo SARPAS	44
Figura 24 Compartilhamento de aeronave SARPAS	45
Figura 25 Aceite de compartilhamento de aeronave SARPAS.....	45
Figura 26 Aeronave Phantom 4 Pro RTK.....	47
Figura 27 Controle do DJI Phantom 4 Pro RTK	48
Figura 28 Configuração padrão do controle	52
Figura 29 D-RTK 2 com Tripé.....	54
Figura 30 Situação de operação do RTK	55
Figura 31 Tela DJI GO (tela de seleção de operação).....	56
Figura 32 Tela DJI GO (modo - Fly).....	57
Figura 33 Tela DJI GO (Opções de operação – modo Plan)	58

Figura 34 Tela DJI GO (modo – Plan Photogrammetry).....	58
Figura 35 Sincronização DJIGo e RTK.....	59
Figura 36 Botão link da aeronave	60
Figura 37 Status atualizado para voo com RTK.....	60
Figura 38 Exemplo de efeito causado por obturador Rolling Shutter e Global Shuter	61
Figura 39 Recobrimento longitudinal e transversal às linhas de voo.....	64
Figura 40 Exemplo de alvo natural.	65
Figura 41 Exemplo de alvo artificial.....	65
Figura 42 Exemplo de distribuição de pontos de checagem e controle no terreno.	66
Figura 43 Criação de projeto no Drone Deploy	67
Figura 44 Tipo de operação no Drone Deploy	68
Figura 45 Interface Drone Deploy.....	68
Figura 46 Configurações avançadas do drone deploy.	69
Figura 47 Configuração manual no drone deploy	70
Figura 48 Tela inicial Pix4DCapture	71
Figura 49 Interface Pix4DCapture.....	72
Figura 50 Tela inicial 3DsurveyPilot	73
Figura 51 Interface 3DsurveyPilot	74
Figura 52 Configurações de voo no 3DsurveyPilot	74
Figura 53 Fluxo para geração de ortomosaico	75
Figura 54 Interface Metashape.....	76
Figura 55 Tabuleiro de xadrez.....	77
Figura 56 Exemplo de imagens obtidas do tabuleiro de xadrez.....	77
Figura 57 Disposição de imagens na área de trabalho (workspace)	78
Figura 58 Acesso a ferramenta de calibração	78
Figura 59 Parâmetros de calibração	78
Figura 60 Acesso a calibração de câmera	79
Figura 61 Resultados da calibração de câmera	79
Figura 62 Salvar da calibração de câmera	80
Figura 63 Abrir calibração de câmera.....	80
Figura 64 Fixar calibração de câmera	80
Figura 65 Configurações da área de trabalho.....	81
Figura 66 Configuração da GPU	81
Figura 67 Adicionar fotos.....	82
Figura 68 Adicionar fotos.....	82
Figura 69 Qualidade das imagens.....	83

Figura 70 Convert Reference	83
Figura 71 Reference Settings	84
Figura 72 Import Masks.....	85
Figura 73 Primeiro Alinhamento	85
Figura 74 Alinhamento único ou segundo alinhamento	86
Figura 75 Optimize Camera Alignment.....	87
Figura 76 Importar CSV.....	87
Figura 77 Filtrar fotos por marcador	88
Figura 78 Pontaria.....	88
Figura 79 Nuvem densa	89
Figura 80 Classificação automática.....	89
Figura 81 Classificação com parâmetros	90
Figura 82 Determinando classes manualmente	90
Figura 83 Modelo 3D	91
Figura 84 Suavização.....	92
Figura 85 Build Tiled Model.....	92
Figura 86 Build DEM (MDS)	93
Figura 87 Build DEM (MDT)	94
Figura 88 Curva de nível (MDT)	94
Figura 89 Recortar a área de interesse	95
Figura 90 Build Orthomosaic	96
Figura 91 Criando shape	97
Figura 92 Criando polígonos	97
Figura 93 Selecionando imagens	97
Figura 94 Update Orthomosaic	97
Figura 95 Construir Textura	98
Figura 96 Export Orthomosaic.....	99
Figura 97 Generate Report	100
Figura 98 Download WebODM	102
Figura 99 Download WebODM	102
Figura 100 Configuração do Docker	103
Figura 101 Docker ligado	103
Figura 102 Link de acesso git	103
Figura 103 Link de acesso WebODM	104
Figura 104 Criar conta de acesso WebODM.....	104
Figura 105 Interface Ponto de Controle	105



Figura 106 Pontaria no WebODM	105
Figura 107 Correlação de pontaria	105
Figura 108 Ground Control Point File	106
Figura 109 Adicionar projeto	106
Figura 110 Janela Novo Projeto.....	106
Figura 111 Projeto adicionado na interface	107
Figura 112 Adicionado imagens	107
Figura 113 Projeto	108
Figura 114 Configurações do Projeto	109
Figura 115 Iniciar Processamento	109
Figura 116 Processamento	110
Figura 117 Visualização de resultados 2D	110
Figura 118 Interface de visualização de resultados 3D	111
Figura 119 Navigation.....	111
Figura 120 Visualização de produtos 3D.	111
Figura 121 Aparência.....	112
Figura 122 Configuração de curvas de nível.....	112
Figura 123 Medição 2D.....	113
Figura 124 Medição 3D.....	113
Figura 125 Volume 3D.	114
Figura 126 Opções de Recorte.....	115
Figura 127 Baixar Recursos.....	116

TABELAS

Tabela 1 Legislação aplicada a RPA.....	16
Tabela 2 Resumo da regulamentação da ANAC para RPA Classe 3	21
Tabela 3 Resumo dos parâmetros de operações (ICA 100-40/2023).....	26
Tabela 4 Resumo dos parâmetros de operações (MCA 56-5/2023)	27
Tabela 5 Matriz de risco (IS-E94-003A).....	28
Tabela 6 Fases do aerolevantamento (GM-MD nº 3.703/21)	30
Tabela 7 Categorias de inscrição (GM-MD nº 3.703/21).....	31
Tabela 8 Resumo de Inscrição e Autorização da portaria - GM-MD nº 3.703/21	32
Tabela 9 Resumo de preciso mínima posicional (MTGIR 2ª Edição)	33
Tabela 10 Resumo de tratamento de tipos de limite (MTGIR 2ª Edição)	34
Tabela 11 Resumo de tipos de vértices (MTGIR 2ª Edição).....	34



Tabela 12 Resumo de métodos de posicionamento - GNSS (MTGIR 2ª Edição)	36
Tabela 13 Resumo de uso de produtos de aerofotogrametria (MTGIR 2ª Edição).....	37
Tabela 14 Resumo de aplicação de alguns métodos para vértice de limite (MTGIR 2ª Edição)	38
Tabela 15 Resumo de preenchimento SISANT	41
Tabela 16 Resumo de preenchimento SISANT	46
Tabela 17 Índice Kp	51
Tabela 18 Exercícios para a prática de pilotagem.....	54
Tabela 19 D-RTK2 cores no indicador liga/desliga do.....	55
Tabela 20 D-RTK2 cores no indicador de sincronização	55
Tabela 21 D-RTK2 cores no indicador de modo de operação	55
Tabela 22 Obturador equipamentos DJI.....	62
Tabela 23 GSD equipamentos DJI.....	63
Tabela 24 Aplicações Pix4D	70
Tabela 25 Tipos de operação gratuitas Pix4Dcapture	71
Tabela 26 Métodos de operação 3DsurveyPilot.....	73
Tabela 27 Configuração WebODM	109
Tabela 28 Índice de Vídeos	120



LISTA DE ABREVIASÕES

- AEV - Autorização Especial de Voo
AGL – Above Ground Level
AIC - Circulares de Informações Aeronáuticas
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações
ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
ATM - Gerenciamento de Tráfego Aéreo
AVOMD - Autorização de Voo do Ministério da Defesa
BEIDOU – Sistema de Posicionamento (China)
BVLOS - Beyond Visual Line Of Sight
CAER - Certificado de Aeronavegabilidade Especial para RPA
CASCO – Seguro Aeronáutico de casco
CAVE - Certificado de Autorização de Voo Experimental
CBA - Código Brasileiro de Aeronáutica
CHELOG - Chefia de Logística e Mobilização
CINDACTA - Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CMA – Certificado Médico Aeronáutico
CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPF – Cadastro de Pessoa Física
CRCEA- Centro Regional de Controle de Espaço Aéreo
CREA - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DGPS – Differential GPS
EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay System (UE)
EM – Erro máximo
EMFA - Estado-Maior das Forças Armadas
EP – Erro padrão
ET-CQDG - Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais
ET-ADGV - Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
EVLOS - Extended visual line of sight
FPV – First Person View
FRZ - Zonas de restrição de voo
GALILEO – Sistema de posicionamento (UE)
GLONASS - Sistema Global de Navegação por Satélite (URSS)
GNSS - Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS – Sistema de posicionamento global (EUA)
GSD – Ground Sample Distance
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IS – Instrução Suplementar
ODM – Open Drone Map
MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária
MCA - Manuais do Comando da Aeronáutica
MD – Ministério da Defesa



MDS – Modelo Digital de Superfície
MDT – Modelo Digital de Terreno
MTGIR - Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais
NOTAN - Notice to Airmen
PDA – Produto Decorrente de Aerolevantamento
PEC/PCD - Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais
PMD - Peso Máximo de Decolagem
PPA – Produto Primário de Aerolevantamento
PPP – Posicionamento por Ponto Preciso
RBAC-E - Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial
RETA - Seguro de Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador Aéreo
RMS – Root Mean Square
RPA - Remotely Piloted Aircraft
RT – Responsável Técnico
RTK – Real time Kinematic
RTPPP (PPP RTK) – Posicionamento por ponto preciso em tempo real
SAE-AL - Serviço Aéreo Público Especializado
SARPAS - Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SBAS - Satellite Based Augmentation System
SGB - Sistema Geodésico Brasileiro
SIGEF – Sistema de Gestão Fundiária
SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SISANT - Sistema de Aeronaves não Tripuladas
SisCLATEN - Sistema de Cadastro de Levantamentos Aeroespaciais do Território Nacional
UA - Unmanned Aircraft
VLOS - Visual Line Of Sight
VMC - Condições meteorológicas visuais
WAAS – Wide Area Augmentation System (EUA)
WebODM – Interface Web do Open Drone Map
ZAD - Zona de Aproximação e Decolagem

1. Legislação Aplicada a RPA Classe 3 – Órgão Público

Em 2017, com o intuito de regulamentar a utilização de um novo segmento de aeronaves a fim de garantir acesso seguro ao espaço aéreo, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) emitiu Circulares de Informações Aeronáuticas (AIC) AIC Nº 23 e AIC Nº 24, a primeira regulamentava a utilização de aeronaves remotamente pilotadas (RPA - Remotely Piloted Aircraft) para a administração pública e a segunda com foco em operações de RPA realizadas por órgãos de segurança, defesa e fiscalização.

As circulares são publicações normalmente utilizadas para divulgar assuntos especializados. A princípio esse tipo de documento foi utilizado para iniciar as tratativas de uso desses equipamentos que estavam surgindo a época. Em 2020, com a evolução das operações no país, o DECEA emitiu uma série de Manuais do Comando da Aeronáutica (MCA) regulamentando o uso de RPA. A MCA 56-3 é o manual destinado a aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos Órgãos ligados aos governos federal, estadual e municipal, foco desta apostila. Em 2023 o DECEA publicou o manual MCA 56-5 “Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em operações especiais. Trata-se de uma compilação dos manuais de operações especiais, diferenciadas e emergenciais (MCA 56-1; MCA 56-3 e MCA 56-4).

O curso e esta apostila visam a utilização de RPA classe 3, a legislação abordada aqui contém princípios aplicáveis apenas a RPA's classe 3 com ênfase na atuação de um órgão público. A nomenclatura RPA é dada a aeronaves remotamente pilotadas cuja utilização não é recreativa. Vale ressaltar que, o curso não abrange atividades exclusivamente recreativas que são considerados aeromodelos e tratados em norma específica (MCA 56-2 DECEA).

Atualmente a legislação federal que trata sobre a utilização de RPA é o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial - RBAC-E 94 EMD 03. Esta normativa aborda os requisitos gerais de competência da ANAC para aeronaves não tripuladas (RPA). Adicionalmente devem ser observadas outras legislações aplicáveis, tais como, as apresentadas no quadro a seguir com destaque as normativas abordadas aqui:

ANAC– Agência Nacional de Aviação Civil
• Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial RBAC-E 94 EMD 03
• Instrução Suplementar IS E94.503-001C -Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Aeronaves Remotamente Pilotadas
• Instrução Suplementar IS E94-001B - Autorização de Projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - Procedimentos Gerais.
• Instrução Suplementar IS E94-002A - Autorização de Projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - Requisitos Técnicos
• Instrução Suplementar IS E94-003A - Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas.
• Instrução Suplementar IS E94.5-001A - Autorização de projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS) destinado à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes.
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações
• Resolução nº 635, de 9 de maio de 2014 – Regulamento sobre Autorização de Uso Temporário de Radiofrequências
DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo
• ICA 100-40 - Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro (Versão 2023)
• ICA 100-12 - Regras do Ar
• ICA-100-11 Plano de Voo

<ul style="list-style-type: none"> • MCA 56-1 - Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em apoio as situações emergenciais • MCA 56-2 - Aeronaves não tripuladas para uso recreativo – Aeromodelos. • MCA 56-3 - Aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos Órgãos ligados aos governos federal, estadual e municipal • MCA 56-4 - Aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos Órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de Fiscalização da Receita Federal. • MCA 56-5 - Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em operações especiais. (compilação dos manuais de operações especiais, diferenciadas e emergenciais – MCA 56-1; MCA 56-3 e MCA 56-4)
MD – Ministério da Defesa
<ul style="list-style-type: none"> • Decreto Lei nº 1.177/ 71 - Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional, e dá outras providências. • Decreto 2.278/97 - Regulamenta o Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971, que dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional e dá outras providências. • Portaria GM-MD nº 3.703/21 - Dispõe sobre os procedimentos, prazos para resposta dos atos requeridos junto ao Ministério da Defesa e estabelecimento dos níveis de riscos relativos à atividade de aerolevantamento no território nacional.

Tabela 1 Legislação aplicada a RPA

Essas normas não são aplicadas a voos autônomos, ou seja, aqueles voos programados intencionalmente onde não é permitida a intervenção do piloto remoto.

- **Tipos de operação**

A RBAC-E 94 EMENDA Nº 03 se aplica a aeronaves não tripuladas de uso civil (doravante denominadas apenas de aeronaves não tripuladas) capazes de sustentar-se e/ou circular no espaço aéreo. Na Subparte A da norma algumas definições são apresentadas as mais importantes para destaque aqui são: RPA - (Remotely Piloted Aircraft) Aeronave Remotamente Pilotada; BVLOS - (Beyond Visual Line Of Sight) Além da linha de visada Visual; VLOS - (Visual Line Of Sight) Operação em Linha de Visada Visual, onde há contato visual direto sem auxílio de terceiros ou lentes em condições meteorológicas visuais (VMC); EVLOS - (Extended visual line of sight) Operação de Linha de Visada Visual Estendida, onde há necessidade de observadores ou lentes. A figura 1 abaixo é um esquema que exemplifica as definições de BVLOS, VLOS e EVLOS.

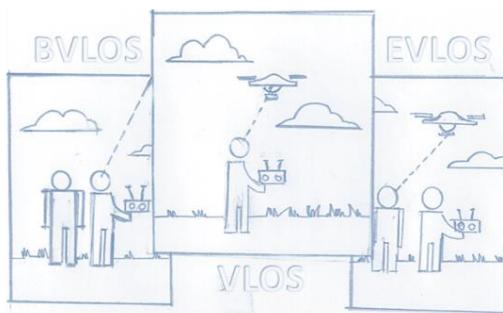


Figura 1 Tipos de Operação

- **Classes**

Ainda na subparte A as aeronaves são divididas em 3 classes, de acordo com o peso máximo de decolagem (PMD):

- Classe 1 – RPA: PMD maior que 150 kg;
- Classe 2 – RPA: PMD maior que 25 kg e até 150 kg; e
- **Classe 3 – RPA: PMD de até 25 kg.**
- Classe 3 – RPA: qualquer PMD utilizada para aplicação de agrotóxicos operando em VLOS e EVLOS até 120m de altura.

Nesta apostila iremos tratar apenas de RPA's da Classe 3 de até 25kg para uso em proveito dos Órgãos ligados aos governos federal, estadual e municipal. Para a operação desses equipamentos há de se considerar que o piloto remoto é diretamente responsável pela condução segura do equipamento e suas consequências.

- **Documentação**

Para a condução deste tipo de equipamento (RPA Classe 3 PMD até 25kg) é necessário que o **piloto remoto e o observador** sejam maiores de 18 anos. Para a utilização desse tipo de aeronaves é necessário o porte dos seguintes documentos:

- (a) a Certidão de Cadastro, o Certificado de Matrícula ou o Certificado de Marca Experimental, conforme aplicável, todos válidos (Registro ANAC, ANATEL);
- (b) o certificado de aeronavegabilidade válido, se aplicável;
- (c) o manual de voo;
- (d) a apólice de seguro ou o certificado de seguro com comprovante de pagamento, dentro da validade, se aplicável (item E94.103-d: Todas as operações de aeronaves não tripuladas de uso não recreativo acima de 250 gramas de peso máximo de decolagem devem possuir seguro com cobertura de danos a terceiros, **exceto as operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado**);
- (e) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial (**IS E94-003A**);
- (f) licença, habilitação e extrato do CMA, válidos e conforme aplicáveis segundo o Regulamento Especial (“E94.9 b” classe 1 e 2 ou “E94.9 c” qualquer classe acima de 120m ABOVE GROUND LEVEL – AGL devem possuir licença).

Dessa forma as operações de órgãos públicos de equipamentos Classe 3 PMD 25kg que operem abaixo de 120m de altura devem possuir os itens “a”, “b”, “c” e “e”. No caso do item “d” há na normativa exceção para órgãos públicos da necessidade de cobertura de danos a terceiros conhecido como seguro RETA. No entanto, há uma outra modalidade de seguro denominada seguro CASCO com cobertura de danos ao equipamento. A Normativa não exclui tacitamente a necessidade do seguro CASCO, no entanto, também não menciona diretamente a necessidade dessa modalidade de seguro.

- **Regras de voo**

Na Subparte geral B da RBAC-E94 trata das **regras de voo** e serão tratadas aqui de forma integral devido a sua importância, no entanto, serão destacas as regras para o caso de RPA classe 3 operado por órgão público.



E94.103 Regras gerais para a operação de aeronaves não tripuladas

(a) É proibido o transporte de pessoas, animais, artigos perigosos referidos no RBAC nº 175 ou carga proibida por autoridade competente, em aeronaves não tripuladas.

(1) Essa proibição não se aplica aos artigos perigosos transportados por uma aeronave não tripulada, quando tais artigos:

(i) se destinem a lançamentos relacionados a atividades de agricultura, horticultura, florestais, controle de avalanche, controle de obstrução por gelo e deslizamentos de terra ou controle de poluição;

(ii) sejam equipamentos eletrônicos que contenham baterias de lítio necessárias para seu funcionamento, desde que sejam destinadas para uso durante o voo, tais como câmeras fotográficas, filmadoras, computadores etc. Este item não isenta o cumprimento de requisitos de certificação exigidos por outros regulamentos da ANAC;

(iii) sejam transportados por aeronaves não tripuladas pertencentes a entidades controladas pelo Estado, sob total responsabilidade das referidas entidades, desde que cumpram os dispositivos aplicáveis do RBAC nº 175; ou

(iv) forem requeridos a bordo da aeronave não tripulada, de acordo com os requisitos pertinentes de aeronavegabilidade e/ou de operações.

(b) É vedado operar uma aeronave não tripulada, mesmo não sendo com o propósito de voar, de maneira descuidada ou negligente, colocando em risco vidas ou propriedades de terceiros.

(c) É proibida a operação autônoma de aeronaves não tripuladas.

(d) Todas as operações de aeronaves não tripuladas de uso não recreativo acima de 250 gramas de peso máximo de decolagem devem possuir seguro com cobertura de danos a terceiros, exceto as operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado.

(e) A operação de aeromodelos de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas somente é permitida pela ANAC em áreas distantes de terceiros, sob total responsabilidade do seu operador, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA.

(f) A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas somente é permitida pela ANAC em áreas distantes de terceiros, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, sob total responsabilidade do seu operador, nas seguintes condições:

(1) se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial; e

(2) se houver uma avaliação de risco operacional, em formato aceitável, contemplando cada cenário operacional, que deve estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendáricos prévios à operação.

(g) A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas de um órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou de operador a serviço de um destes, somente é permitida pela ANAC, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, sob total responsabilidade do órgão ou do operador, em quaisquer áreas, nas seguintes condições:

(1) se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial; e

(2) se houver uma avaliação de risco operacional, contemplando cada modalidade de operação, nos termos de Instrução Suplementar específica, que deve estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendáricos prévios à operação.

(h) Outros órgãos ou entidades controlados pelo Estado não mencionados no parágrafo (g) desta seção somente podem operar sob as condições do referido parágrafo (g) mediante autorização expressa da ANAC, sendo exigido que se demonstre:

(1) o interesse público da operação; e

(2) que haveria um risco maior à vida se a operação fosse realizada por meios alternativos.

(i) A operação de aeronaves não tripuladas até 250 gramas de peso máximo de decolagem é permitida pela ANAC, sob total responsabilidade do seu operador, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial. Nota: o usuário deve sempre atentar que não basta cumprir as regras da ANAC para poder operar, mas é preciso cumprir também as regras do DECEA, da ANATEL e eventualmente de outras autoridades competentes, que podem criar restrições ou proibições operacionais além das regras da ANAC.

Nota: o usuário deve sempre atentar que não basta cumprir as regras da ANAC para poder operar, mas é preciso cumprir também as regras do DECEA, da ANATEL e eventualmente de outras autoridades competentes, que podem criar restrições ou proibições operacionais além das regras da ANAC.

(j) Operações de aeronaves não tripuladas fora dos critérios estabelecidos nos parágrafos (e), (f), (g), (h) e (i) desta seção são proibidas.

(k) O operador deve manter registros de todos os voos realizados de RPA Classes 1 e 2, em formato aceitável pela ANAC.

- **Certificados de aeronavegabilidade**

A subparte F da norma da ANAC indica as disposições gerais para obtenção de certificados de aeronavegabilidade para RPA. Para o caso da classe 3 apenas operações em BVLOS devem possuir CAER conforme item E94.501 descrito integralmente abaixo:

E94.501 Disposições gerais

(a) Exceto como previsto em (c), nenhuma aeronave não tripulada poderá voar sem possuir um certificado de aeronavegabilidade válido.

(b) Os seguintes tipos de certificado de aeronavegabilidade podem ser emitidos para uma RPA:

(1) Certificado de Autorização de Voo Experimental – CAVE;

(2) Autorização Especial de Voo – AEV ;

(3) Certificado de Aeronavegabilidade Especial para RPA – CAER;

(4) Certificado de Aeronavegabilidade categoria restrita; e

(5) Certificado de Aeronavegabilidade padrão.

(c) As RPAs Classe 3 que se destinam unicamente a operações VLOS até 400 pés AGL e os aeromodelos não

necessitam possuir qualquer certificado de aeronavegabilidade.

Como a utilização por órgãos públicos não se aplica voos experimentais normalmente para utilização de operações BVLOS no órgão será necessário o CAER, descrito no item a seguir:

E94.505 Emissão de Certificado de Aeronavegabilidade Especial para RPA Classe 2 ou 3

(a) O requerente de um Certificado de Aeronavegabilidade Especial para uma RPA Classe 2 ou 3 que se destina a operações não experimentais faz jus a esse certificado mediante o **cadastro** da RPA e a apresentação de uma declaração de conformidade do RPAS com seu projeto autorizado pela ANAC, emitida pelo seu fabricante.

(b) A ANAC poderá vistoriar o RPAS para verificar se ele está conforme o projeto autorizado e se apresenta condições de operação segura.

E.94.601 Disposições Gerais

(a) O operador ou, na falta deste, o proprietário, é o responsável pela conservação do RPAS em condições aeronavegáveis.

E94.623 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 3 BVLOS

(a) Somente é permitido operar um RPAS Classe 3 destinada a operações BVLOS se:

- (1) os procedimentos específicos recomendados pelo fabricante no manual de manutenção forem cumpridos;
- (2) a pessoa que executa manutenção for devidamente treinada e qualificada; e
- (3) todas as ações de manutenção forem registradas em cadernetas apropriadas.

Abaixo temos um resumo da norma da ANAC para operações com RPA's Classe 3.

Registro da aeronave	Sim	RPA entre 250 gramas e 25 kg devem ser cadastrada junto à ANAC e vinculado a uma pessoa (física ou jurídica, com CPF ou CNPJ no Brasil), que será a responsável legal pela aeronave (E94.301 b). Por meio de ferramenta online disponível no endereço sistemas.anac.gov.br/sisant.
Aprovação ou autorização de projeto	Apenas BVLOS ou acima de 120m de altitude	Para RPA Classe 3 que se destinam a operações além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 120 m, o fabricante pode optar pelo processo de certificação de tipo estabelecido no RBAC nº 21 ou pela autorização de projeto na Subparte E do RBAC-E nº 94
Limite de idade para operação	Sim	Mínimo 18 anos
Certificado Médico	Não	
Licença e Habilitação		Apenas para operações acima de 120 m
Local de operação		A distância do RPA não poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para

operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes. Também não é aplicável aos órgãos estaduais equiparados conforme item E94.103 h da RBAC E94

Tabela 2 Resumo da regulamentação da ANAC para RPA Classe 3

- **Autorizações**

Quanto às autorizações para operações de RPA a norma a ser utilizada é a ICA 100-40 do DECEA. Essa norma introduz o Sistema SARPAS (Sistema de Solicitação de acesso ao Espaço Aéreo por RPAS). No SARPAS é possível obter autorização em até 30 minutos, dependendo da distância com aeródromos, a altura do voo, contato visual com a RPAS e o peso do equipamento. Esse prazo pode ser de **até 12 dias** e demandar a emissão de NOTAM (Notice to Airmen) pelo SARPAS. A seguir item 7 da norma, na íntegra, que contém informações necessárias para solicitar autorização para voo com RPA.

7 PROCESSO DE SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

7.1 AUTORIZAÇÃO

7.1.1 Segundo a Convenção de Chicago, no seu artigo 8º, toda operação de Aeronave não Tripulada estará sujeita à emissão de uma Autorização.

7.1.2 A operação das Aeronaves Não Tripuladas dentro das fronteiras do seu Estado de Registro será conforme definida por sua autoridade competente. No caso do Brasil, após as deliberações de outras organizações, entre outras, ANAC, ANATEL, MAPA e MD, o acesso ao Espaço Aéreo deverá seguir o previsto neste Capítulo e respectivos Anexos.

7.2 SOLICITAÇÃO DE CADASTRO NO SARPAS

7.2.1 Para que seja possível a utilização do SARPAS, o usuário deverá utilizar o Login Único do Governo Federal (gov.br), cadastrado no site <https://acesso.gov.br/>.

NOTA: O perfil Pessoa Jurídica deverá ser criado por meio de um Perfil Pessoa Física, que será o Administrador SARPAS.

7.2.2 No primeiro acesso ao SARPAS, será gerado o ID Operacional do usuário, e as UA com SISANT serão disponibilizadas no SARPAS, mediante sincronização com a ANAC.

NOTA: As Aeronaves Militares (orgânicas das Forças Armadas) não serão cadastradas no SISANT, devendo ser cadastradas pelo Administrador SARPAS diretamente no Sistema SARPAS do DECEA.

7.3 SOLICITAÇÃO DE ACESSO AO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

7.3.1 A solicitação para o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro deverá ser feita no SARPAS pelo Explorador/Operador da aeronave ao Órgão Regional (CINDACTA I, II, III e IV e CRCEA-SE) responsável pela área na qual a operação pretendida ocorrerá, por meio do link disponível na página do DECEA (www.decea.mil.br).

NOTA: As Operações VLOS, em alturas muito baixas, que utilizarem UA com PMD até 250g, realizadas até 200 ft e fora de FRZ, estão dispensadas de serem solicitadas no SARPAS. Contudo, são obrigadas a seguir as



regras e procedimentos previstos nesta Instrução, bem como os requisitos estipulados por outras agências ou órgãos pertinentes.

7.3.2 *As informações fornecidas no SARPAS durante a solicitação do voo são de total responsabilidade do Explorador/Operador da aeronave.*

7.3.3 *A solicitação realizada por meio do SARPAS será direcionada ao Órgão Regional responsável pelo espaço aéreo requerido, com base no ponto de decolagem inserido no sistema. Durante a operação, o Piloto Remoto em Comando deverá ater-se à Altura de Voo Solicitada sem, no entanto, extrapolar a Altitude Limite de Voo decorrente daquela. É importante salientar que a operação deve ser realizada no volume de espaço aéreo solicitado, sendo imputadas todas as responsabilidades ao Operador, no caso de descumprimento do previsto e autorizado.*

7.3.4 *O Explorador/Operador deverá solicitar a autorização de acesso ao espaço aéreo, conforme as condicionantes exigidas para a operação, com a antecedência mínima prevista no Capítulo 6 e com a antecedência máxima limitada a noventa dias corridos em relação ao início da operação pretendida, com a finalidade de permitir análise automática ou do Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM).*

NOTA: O Explorador/Operador receberá o resultado da análise de utilização do espaço aéreo realizada pelo Órgão Regional.

7.3.5 *Ressalta-se que o responsável pelo cumprimento das condicionantes previstas e pela segurança da operação do UAS é o Explorador/Operador da aeronave.*

7.3.6 *As solicitações que não contenham todas as informações necessárias ou com informações impertinentes não serão enviadas ou serão indeferidas, sendo comunicado ao Explorador/ Operador somente o motivo do indeferimento por intermédio do SARPAS.*

7.4 PARECER DO ÓRGÃO REGIONAL

7.4.1 *Uma vez realizada a solicitação de acesso ao espaço aéreo, caso os parâmetros constantes na solicitação de voo no SARPAS cumpram as condicionantes operacionais previstas nesta Instrução, será emitida a autorização de forma automatizada. Quando os parâmetros não puderem ser cumpridos, as solicitações serão analisadas pelo Órgão Regional, levando-se em consideração as possíveis interferências na circulação aérea.*

7.4.2 *Quando a solicitação de acesso ao espaço aéreo brasileiro envolver a jurisdição de mais de um Órgão Regional, aquele que receber a solicitação do usuário deverá proceder à análise, em coordenação com os Regionais envolvidos.*

7.4.3 *Uma vez constatada a impossibilidade de atender aos parâmetros solicitados, o Órgão Regional deverá indeferir o processo, informando o motivo do indeferimento, para que o Explorador/Operador tome conhecimento e realize, caso julgue conveniente, uma nova solicitação com os ajustes necessários.*

NOTA: O Órgão Regional poderá retornar o processo ao solicitante ao identificar a possibilidade deste realizar ajustes em tempo hábil, sem causar qualquer prejuízo nas ações para manutenção da segurança operacional, como, por exemplo, no prazo para a emissão de NOTAM relativo à segregação do espaço aéreo. Nesse caso, o processo ficará sobreposto até que os ajustes sejam realizados ou que o prazo estipulado pelo analista expire.

7.4.4 *As condicionantes contidas na análise emitida pelo Órgão Regional serão remetidas ao Explorador/Operador na autorização e, quando necessário, servirão de base para a confecção do Produto*

AIS específico.

7.4.5 Independentemente da natureza da operação pretendida, não sendo possível a análise automatizada pelo próprio Sistema SARPAS, a análise de tráfego aéreo deverá ser realizada pela Subdivisão de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (DO-ATM-OTUA) do Órgão Regional. Caso a operação ocorra sob as regras da Circulação Operacional Militar (COM), o Parecer emitido pela DO-ATM-OTUA deverá ser encaminhado à Subdivisão de Operações Militares (DO-OPM) do Órgão Regional, sendo esta a responsável por realizar as tratativas com os elos envolvidos, com base na ICA 100-13 em vigor ou conforme regras concebidas e aprovadas para o atendimento à operação.

7.5 EMISSÃO DA AUTORIZAÇÃO

7.5.1 Após analisar a solicitação recebida, o Órgão Regional, por meio do SARPAS, emitirá a AUTORIZAÇÃO, na qual deverá constar o resultado da análise ATM efetuada, mediante o estabelecimento das condicionantes necessárias à manutenção da segurança da navegação aérea.

7.5.2 Cabe ressaltar que a operação deverá ocorrer com base nas condicionantes operacionais estabelecidas pelo Órgão Regional.

7.5.3 O Explorador/Operador deverá cumprir fielmente as condicionantes estabelecidas pelo Órgão Regional, sob pena de ter a sua autorização de acesso ao espaço aéreo suspensa, bem como incorrer nas sanções administrativas preconizadas no Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA). Nem sempre o que é solicitado será autorizado na íntegra, cabendo ao Operador/ Explorador operar dentro dos parâmetros autorizados.

7.5.4 Nos casos em que a emissão de **NOTAM** for necessária, a autorização poderá abranger um período máximo de noventa dias, de acordo com a solicitação do usuário, podendo ser estendida por até mais noventa dias.

NOTA 1: O usuário deverá solicitar ao Órgão Regional, quando necessário, a análise para a extensão do prazo do NOTAM com uma antecedência mínima de doze dias para o término do período inicial.

NOTA 2: Para solicitar a extensão do período do NOTAM, o usuário deverá clonar a solicitação em vigor e inserir no SARPAS os novos períodos pretendidos.

7.5.5 Todas as operações podem ter a validade de sua autorização verificada por meio do link: <https://servicos.decea.mil.br/sarpas/?i=consulta>. Caso tenha sido necessário CANCELAR a operação solicitada, o usuário será informado por e-mail e o status de cancelamento também poderá ser verificado pelo mesmo link.

A ICA 100-40/2023 dispensa da solicitação de autorização para voos realizados com PMD até 250g com altura de até 60m fora de zonas de restrição de voo (FRZ). Contudo, são obrigadas a seguir as regras e procedimentos previstos na ICA-100-40/2023, bem como os requisitos estipulados por outras agências ou órgãos pertinentes.

É possível obter a autorização de voo no SARPAS para operação em VLOS ou EVLOS em até 30 minutos. Para voos acima de 120m de altitude e operação em BVLOS (com expedição de NOTAM) a solicitação junto ao SARPAS deve ser realizada com 12 dias de antecedência ao voo. Nas operações de aerolevantamento a solicitação de voo deverá ocorrer com antecedência mínima de 4 dias. Na figura 2 e 3 tem-se uma figura esquemática representando o que a norma indica sobre prazos de autorização de voo e aerolevantamento

respectivamente.

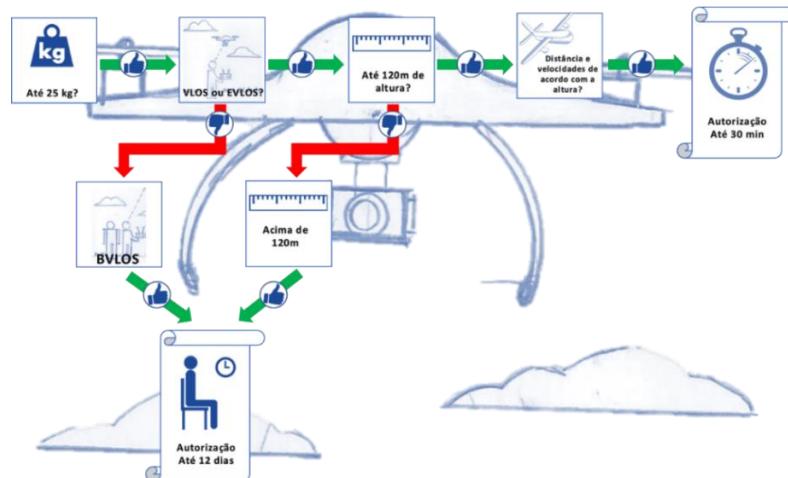


Figura 2 Esquema de prazo de solicitação de autorização de voo de RPA Classe 3 junto ao SARPAS

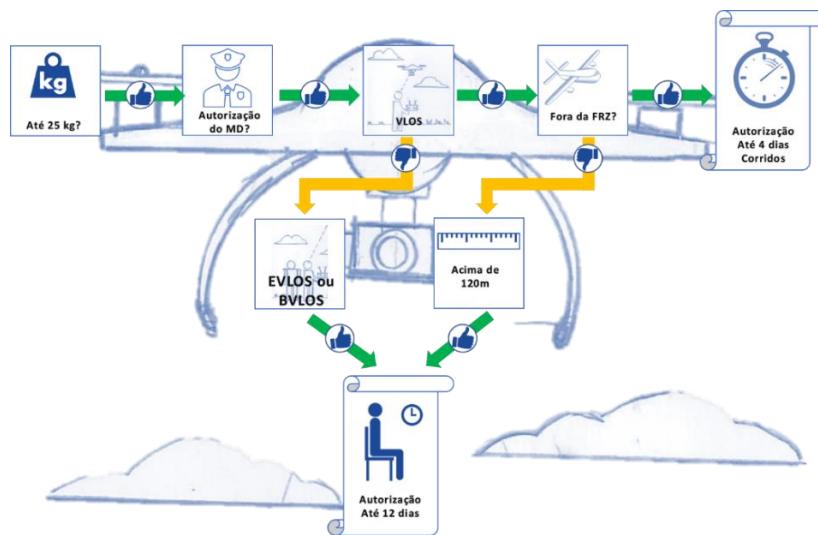


Figura 3 Esquema de prazo de solicitação de autorização de aerolevantamento de RPA Classe 3 junto ao SARPAS

- Posse de Documentos (Classe 3, órgão estadual)**

Em suma, para voo com RPA classe 3 **por um órgão estadual** é necessário o seguinte:

- 1 - Certificação do drone junto a ANAC (www.sistemas.anac.gov.br/sisant);
- 2 - Certificação junto a ANATEL (Mosaico/ANATEL);
- 3 - Porte de documentos (manual de voo, certificado ANAC/ANATEL, avaliação de risco - **Instrução Suplementar E94-003A**);
- 4 - Autorização DECEA - <https://servicos2.decea.gov.br/sarpas>;
- 5 - Caso BVLOS – CAER junto a ANAC
- 6 - Voo até 120m (acima disso deve ser PILOTO habilitado).
- 7 - No caso de aerolevantamentos autorização do Ministério da Defesa.

8 - Voar com distância de segurança de 30m com anuência do proprietário e das pessoas que serão sobrevoadas durante a operação (RBAC E-94).

Com relação ao item 7 o limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes. Também **não é aplicável aos órgãos estaduais equiparados conforme item E94.103 h da RBAC E94**. Para órgãos não dispensados a legislação de aerolevantamento está explanada no capítulo seguinte.

Vale lembrar que foi excluída da lista acima a exigência de seguro, pois a norma (RBAC E-94) **excetua as operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado**. Com relação ao item 7 desta lista vale ressaltar que a atividade de aerolevantamento é regulada pelo Decreto-Lei nº 1.177/1971, Decreto nº 2.278/1997 e Portaria nº 953/2014 do Ministério da Defesa (MD). Para a realização do aerolevantamento é necessário estar autorizado pelo MD, por meio de uma Autorização de Voo do Ministério da Defesa (AVOMD). O aerolevantamento é especificado como o conjunto de operações aéreas e/ou espaciais de medição, computação e registro de dados do terreno com o emprego de sensores e/ou equipamentos adequados, bem como a interpretação ou tradução dos dados levantados.

- **Parâmetros de operação**

Para a aplicação dos manuais (MCA) do DECEA é necessário o entendimento do conceito de zona de aproximação e decolagem (ZAD). Tal zona, segundo a MCA 56-5 (Item 2.1.50), é a área no setor de pouso e decolagem do aeródromo formada por uma linha perpendicular ao eixo longitudinal da pista, posicionada nas extremidades das cabeceiras com 150 m de comprimento para cada lado, tendo em cada uma de suas extremidades uma reta com abertura de vinte graus cujo centro está posicionado no encontro das duas retas e possui arcos com distância variável em relação à cabeceira e em função da altura do voo.

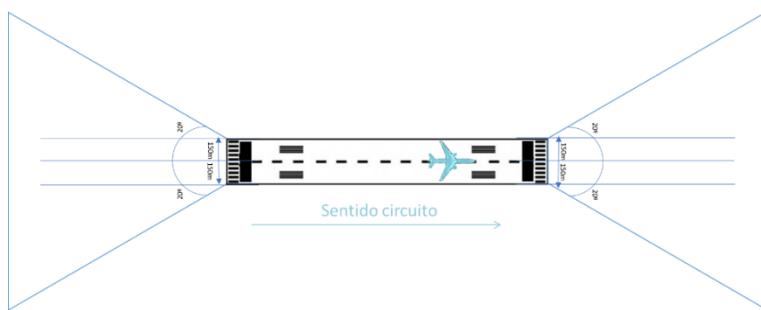


Figura 4 Zona de aproximação e decolagem (MCA 56-3 item 1.4.1.36)

Para drones com até 25 kg (Classe 3) deve-se respeitar as distâncias mínimas de Zona de Aproximação e Decolagem (ZAD), aeródromos e helipontos. Estas zonas variam de acordo com a altura e velocidade permitida (Tabela 3).

	Até 30m e 60km/h	Entre 30 e 60m e 120km/h	Entre 60 e 90 m e 120km/h	Entre 90 e 120m e 120km/h
Zona de Aproximação e	3550m	4480m	5400m	6320m

Decolagem (ZAD)				
No entorno de aeródromo	1740m	2350m	2960m	3570m
No Entorno de Heliporto	1740m	2350m	2960m	3570m

Tabela 3 Resumo dos parâmetros de operações (ICA 100-40/2023)

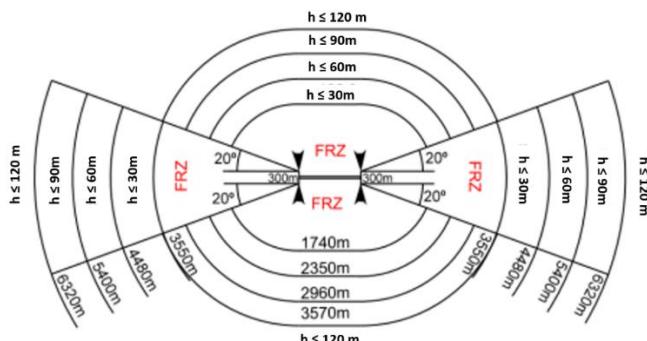


Figura 5 Áreas de operação entorno de aeródromo (ICA 100-40/2023)

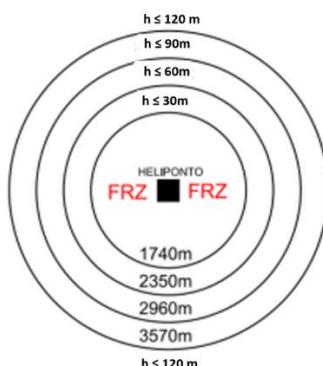


Figura 6 Áreas de operação entorno de heliponto e aeródromo (ICA 100-40/2023)

Segundo o MCA 56-5/2023, para acesso ao espaço aéreo brasileiro por UA deve cumprir os parâmetros previstos na ICA 100-40, emitida pelo DECEA. Entretanto, devido ao caráter especial das operações, tais parâmetros podem ser substituídos pelo previsto no Manual, em caso de missões reais que não permitam planejamento prévio por parte do operador.

Todas as operações previstas no Manual devem ser realizadas em VLOS ou EVLOS. Operações que forem programadas para serem BVLOS deverão se ater às condicionantes preconizadas na ICA 100-40, exceto Operações das Forças Armadas e da Segurança Pública.

A utilização de óculos FPV (First Person View) caracteriza uma operação BVLOS. Sendo assim, ao utilizar tal equipamento, a participação efetiva de um Observador de UA torna-se obrigatória para manutenção das regras de uma operação VLOS.

O Manual prevê a operação especial de drones com até 25 kg (Classe 3) para órgãos públicos devendo-se respeitar as distâncias mínimas de Zona de Aproximação e Decolagem (ZAD), aeródromos e helipontos. Estas zonas variam de acordo com a altura e velocidade permitida (Tabela 4).

	Até 30m e 60km/h	Entre 30 e 60m e 120km/h	Entre 60 e 90 m e 120km/h	Entre 90 e 120m e 120km/h
Zona de Aproximação e Decolagem (ZAD)	1700m	2630m	3550m	4480m
No entorno de aeródromo	1130m	1740m	2350m	2960m
No Entorno de Heliporto	1130m	1740m	2350m	2960m

Tabela 4 Resumo dos parâmetros de operações (MCA 56-5/2023)

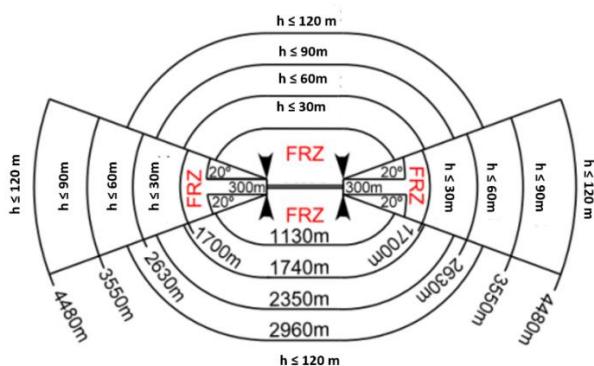


Figura 7 Áreas de operação entorno de aeródromo (MCA 56-5/2023)

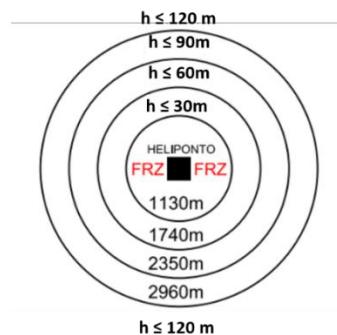


Figura 8 Áreas de operação entorno de heliponto e aeródromo (MCA 56-5/2023)

Outros requisitos a serem considerados são:

- Avaliação de risco operacional que deve ser preenchida de acordo com a IS E94-003A;
 - Condições meteorológicas, expressas em termos de visibilidade, distância de nuvens e teto, iguais ou superiores aos mínimos especificados na ICA 100-12 – Regras do ar;
 - Evitar operação próximo a equipamentos de radiofrequência que possam causar interferência;
 - Paralisação da atividade quando houver aproximação de quaisquer aeronaves tripuladas.
 - O voo deverá ser realizado dentro dos limites especificados por cada fabricante, normalmente encontrados nos manuais de operação do equipamento, visto que as aeronaves possuem características próprias e podem ser impactadas de forma diferente dependendo do ambiente em que operam.

• Avaliação de Risco Operacional

A IS E94-003A é a Instrução Suplementar que tem por objetivo estabelecer os procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas, para cumprimento do RBAC-E nº 94.

Para a aplicação da Instrução tem-se os seguintes conceitos principais:

- Perigo: condição, objeto ou atividade que potencialmente pode causar lesões às pessoas, danos a bens (equipamentos ou estruturas), perda de pessoal ou redução da habilidade para desempenhar uma função determinada;
- Probabilidade: Frequência com que um evento, como consequência de um perigo existente, possa ocorrer. A divisão dos níveis de probabilidade fica a critério do operador, mas como orientação ela pode ser dividida em 5 níveis;
- Severidade: Significa o grau da consequência de um evento, como decorrência de um perigo existente ou de uma situação insegura, tomando como referência a pior condição possível. A divisão dos níveis de severidade fica a critério do operador, mas como orientação ela pode ser dividida em 5 níveis;
- Risco: A avaliação das consequências de um perigo, expressa em termos de probabilidade e severidade, tomando como referência a pior condição possível;
- Tolerabilidade: O grau de aceitabilidade em razão do resultado da avaliação de risco.

A norma propõe uma matriz de risco e a tolerabilidade do risco que deve ser estabelecida pelo operador e a seu critério. É uma sugestão de matriz de risco outras podem ser utilizadas desde que seja um método consistente de avaliação de risco e o operador seja o responsável pela avaliação de risco que produzir.

		Severidade					
		Catastrófico	Crítico	Significativo	Pequeno	Insignificante	
Probabilidade	A	B	C	D	E		
	Frequente	5	5A	5B	5C	5D	5E
	Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improvável	2	2A	2B	2C	2D	2E
	Muito Improvável	1	1A	1B	1C	1D	1E

Tabela 5 Matriz de risco (IS-E94-003A)

A classificação da tabela proposta segue as seguintes premissas:

- **Risco extremo:** a operação não deve ocorrer (Nível de autorização: maior nível hierárquico);
- **Alto Risco:** a operação não deveria ocorrer (Nível de autorização: Gestor);
- **Risco moderado:** a operação pode ocorrer com controles preventivos para mitigação do risco (Nível de autorização: chefia imediata);
- **Baixo risco:** a operação pode ocorrer e controles preventivos para mitigação de risco (Nível de autorização: chefia imediata – opcional);
- **Risco muito baixo:** a operação é aceitável como concebida (Nível de controle ou autorização: nenhum);

A IS estabelece ainda em seu apêndice B modelo de avaliação de risco contendo:

- Nome do Operador;
- CPF ou CNPJ;

- 
- Cadastro da Aeronave;
 - Legislação Aplicável;
 - Necessidade de distância de terceiros;
 - Se o Piloto é habilitado;
 - Quem acionar em caso de acidente;
 - Situações englobadas e sua avaliação de risco;
 - Disposições finais contendo declaração de responsabilidade do operador e data de validade da avaliação (12 meses calendáricos).

2. Legislação de Aerolevantamento

A legislação de aerolevantamento é regida pelo Decreto Lei nº 1.177/71 que dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional, e dá outras providências. A norma indica que o aerolevantamento em território nacional é de competência das organizações especializadas do Governo Federal podendo ser executadas por organizações estaduais e privadas mediante Regulamento. Em seu artigo 3º é conceituada a palavra aerolevantamento como segue:

Decreto Lei nº 1.177/71:

"Art. 3º Entende-se como aerolevantamento, para os efeitos dêste Decreto-lei, o conjunto das operações aéreas e/ou espaciais de medição, computação e registro de dados do terreno com o emprêgo de sensores e/ou equipamentos adequados, bem como a interpretação dos dados levantados ou sua tradução sob qualquer forma."

No caso de aerolevantamentos as normativas informam a necessidade de **autorização** do Ministério da Defesa. Como já explanado essa necessidade não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes. Também **não é aplicável aos órgãos estaduais equiparados conforme item E94.103 h da RBAC E94.**

RBAC E94:

" E94.103 Regras gerais para a operação de aeronaves não tripuladas

....

(h) Outros órgãos ou entidades controlados pelo Estado não mencionados no parágrafo (g) desta seção somente podem operar sob as condições do referido parágrafo (g) mediante autorização expressa da ANAC, sendo exigido que se demonstre:

(1) o interesse público da operação; e

(2) que haveria um risco maior à vida se a operação fosse realizada por meios alternativos."

Para a maioria dos casos há necessidade de inscrição e autorização do aerolevantamento pelo MD, por meio de uma Autorização de Voo do Ministério da Defesa (AVOMD).

Os prazos de **inscrição e autorização** são abordados na Portaria GM-MD nº 3.703/21, onde para inscrição é atribuído 60 dias e a autorização 30 dias. Deve-se atentar a esses prazos junto ao projeto bem como aos prazos de solicitação junto ao SARPAS para a definição da data de voo.

A portaria define o aerolevantamento como um Serviço Aéreo Público Especializado - SAE-AL e define ainda 2 fases decorrentes do aerolevantamento, a fase aeroespacial e a fase decorrente.

Fase	Definição	Operações
Aeroespacial	Medição, computação e registro de dados da parte terrestre ou marítima do território nacional, com o emprego de sensores ou equipamentos adequados, instalados em qualquer plataforma aérea ou espacial.	De Aeroprospecção: restritas ao levantamento aerogeofísico, destinado a detectar elementos da superfície terrestre, compreendendo solo, subsolo e subsolo submerso; De aerofotogrametria e afins: radargrametria, interferometria ou varredura laser, com a finalidade de obter medições geométricas planimétricas ou altimétricas acuradas da superfície terrestre, utilizando fotos, imagens ou nuvens de pontos capturados por sensor remoto adequado; De captação e registro de dados: Por meio de Estação Receptora de Dados Orbitais - ERDO instalada no território nacional
Decorrente	Operações técnicas destinadas a materializar, sob qualquer forma, os dados obtidos por ocasião da fase aeroespacial, mediante o seu processamento, tratamento, interpretação.	

Tabela 6 Fases do aerolevantamento (GM-MD nº 3.703/21)

- **Inscrição**

O regulamento mencionado no Decreto-Lei fora estabelecido por meio do Decreto nº 2.278/1997. No caso de órgãos públicos o aerolevantamento pode ser requerido por **inscrição** desde que a entidade pública tenha por competência legal a execução de serviço de aerolevantamento conforme preconiza o art 7º inciso II.

Já as organizações do **Governo Federal, especializadas** na execução de serviço de aerolevantamento, são consideradas **inscritas ex officio**, sem que isto as exima do cumprimento das obrigações previstas no Regulamento e em instruções complementares. Este deverá realizar requerimento simples a Chefia de Logística e Mobilização - CHELOG constando sua competência técnica, prevista em regimento interno ou ato normativo equivalente (art. 12 § 2º - Portaria GM-MD nº 3.703/21).

Podem ainda requerer inscrição junto ao MD entidade pública especializada de governo estadual, municipal ou do Distrito Federal, desde que tenha por competência legal, prevista em regimento interno ou ato normativo equivalente, a execução de serviços de aerolevantamento (art. 13, I - Portaria GM-MD nº 3.703/21)

Cabe ainda ressaltar que a portaria GM-MD nº 3.703/21 indica em seu artigo 14 a **dispensa de inscrição** também a **entidades privadas para as classes de RPA 2 e 3 com dispensa da ANAC**.

Portaria GM-MD nº 3.703/21:

*"Art. 14. Para efeito de inscrição no Ministério da Defesa, a constituição de **entidade privada especializada** que objetiva a exploração de SAE-AL depende de prévia autorização da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, na forma da legislação aplicável, exceto:*

I - para entidades detentoras unicamente de Aeronaves Remotamente Pilotadas – RPA classes 2 ou 3, com dispensa da ANAC para SAE-AL, observando o disposto no art. 20; ou

II - quando houver exploração do serviço de aerolevantamento em benefício próprio, exclusivo do

proprietário ou operador da aeronave, sem emprego comercial.”

No entanto não é dispensada a inscrição a entidade pública especializada e a entidade privada especializada que poderão ser autorizadas a executar aerolevantamentos de uma das categorias descritas na tabela abaixo.

Categoria	Operação
A	Para a entidade que executa as fases aeroespacial e decorrente do aerolevantamento
B	Para a entidade que executa a fase aeroespacial
C	Para a entidade que executa a fase decorrente

Tabela 7 Categorias de inscrição (GM-MD nº 3.703/21)

A inscrição é obrigatória para entidades públicas e privadas nas categorias A e B que produzam Originais de Aerolevantamento (OA) e para as categorias A e C que produzam Produto Primário de aerolevantamento (PPA) e seu respectivo Produtos Decorrentes de Aerolevantamento (PDA).

O pedido de inscrição deve ser realizado no Sistema de Cadastro de Levantamentos Aeroespaciais do Território Nacional (SisCLATEN) por meio do preenchimento de 4 formulários. O intuito dos formulários é apresentar documentação que indique a capacidade jurídica, regularidade fiscal, regularidade trabalhista e capacitação técnica.

Para a concessão da inscrição há avaliação do relatório de inspeção, realizada por representantes credenciados do MD, em visita técnica. Nesta é obrigatória a presença de Responsável Técnico (RT) devidamente registrado e habilitado pelo Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura - CREA para exercer, na sua área de atuação profissional, as atividades técnicas de aerolevantamento ou afins.

O RT, deve ser do quadro de funcionários ou servidores da entidade, estar devidamente registrado e habilitado no CREA para exercer, na sua área de atuação profissional, as atividades técnicas de aerolevantamento ou afins, que devem estar discriminadas na certidão de registro de pessoa jurídica emitida pelo órgão, em favor da entidade.

Nos casos em que as entidades detentoras unicamente de **RPA classes 2 ou 3**, venham a obter a autorização **ou dispensa da** ANAC para SAE-AL, o MD, no processo de inscrição, avaliará a adequabilidade mínima dos produtos provenientes de sistemas sensores de médio ou pequeno formato e de posicionamento embarcados nessas RPA. Neste caso o RT deverá preencher laudo técnico acompanhado de sua Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

Efetivada a inscrição a mesma terá validade de 3 anos (categorias A e B) e deverá ser registrada no SisCLATEN em até 30 dias. A renovação deve ser requerida com antecedência de 90 dias e deve constar inventário atualizado de OA.

- **Autorização**

Há ainda necessidade de **autorização** do Estado-Maior das Forças Armadas – EMFA para a execução de serviço de aerolevantamento, recepção de dados por sensor orbital e cessão ou destruição de produtos. Este último advém das regras que o regulamento traz acerca da necessidade de se manter os arquivos originais e

produtos dele decorrentes.

Para órgãos estaduais o artigo 27 dispensa a autorização desde que não envolva comercialização do OA ou PDA. O mesmo artigo ainda veda a autorização de aerolevantamento fora do limite territorial do órgão em seu parágrafo único.

Portaria GM-MD nº 3.703/21:

"Art. 27. Todas as intenções de operação em que se pretenda realizar atividades de aerolevantamento no território nacional, independentemente da plataforma a ser utilizada, devem ser submetidas à análise prévia e autorização do Ministério da Defesa, ressalvadas as seguintes:

I - pelas entidades especializadas dos governos federal, de que trata o caput do art. 12, e estaduais, municipais e do Distrito Federal de que trata o inciso I do art. 13, desde que não envolvam comercialização de OA ou PDA; e

II - pelas EE que se enquadram nas condições previstas nos incisos de I a IV do art. 38.

Parágrafo único. É vedada às entidades especializadas dos governos estaduais, municipais e do Distrito Federal a realização de atividades de aerolevantamento, para quaisquer fins, além dos limites ou divisas territoriais do ente federado a que pertencem."

Entidade	Descrição/requisito	Inscrição	Autorização	Vistoria Técnica
Órgão Federal Especializado	Especializadas na execução de serviço de aerolevantamento	inscritas ex ofício (requerimento simples)	NÃO	NÃO
Entidade Nacional	Eventualmente, necessite executar serviços de aerolevantamento para a consecução de seus objetivos,	SIM	NÃO (Desde que não envolva comercialização de OA ou PDA)	
Órgão Estadual ou municipal	Competência legal a execução de serviço de aerolevantamento.			SIM - Acompanhado de RT (Exceto classe 2 e 3 ou com autorização ANAC – Laudo técnico e ART)
Entidade Privada	Tenha em seu objeto social a execução de serviços de aerolevantamento	SIM Dispensada para: RPA classe 2 e 3 com dispensa da ANAC Dispensada para: Benefício próprio e exclusivo, sem fins comerciais (registro na categoria de Serviço Aéreo Privado - ANAC)	SIM , Exceto: I atividades agroflorestais ou outras dentro das condicionantes operacionais da ICA- 100-40; II - a área a ser aerolevantada não ultrapassar um círculo de raio igual a 2,2km ou área circular inferior a 15km2; III - não apresentar áreas a serem aerolevantadas contendo interseção com áreas ou instalações passíveis de restrição ou interesse da Defesa; IV - não for do tipo geofísico;	

Tabela 8 Resumo de Inscrição e Autorização da portaria - GM-MD nº 3.703/21

3. Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Quando se trata de aerolevantamento é importante tratar de algumas normas existentes de regulação dessa atividade. A legislação pertinente ao georreferenciamento de imóveis rurais e urbanos é a Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. Existe também a ABNT NBR 17047/2022, que trata acerca de procedimentos do levantamento cadastral territorial para registro público.

Atualmente para regularização de imóveis rurais, objeto predecessor a regularidade de um imóvel, existe a Portaria Nº 2.502, de 22 de dezembro de 2022 que aprova o Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais (MTGIR) disponível no site do SIGEF (<https://sigef.inrae.gov.br/>) na aba documentos.

Nesta apostila trataremos de alguns conceitos básicos trazidos na 2^a edição (23 de dezembro de 2022) do MTGIR mais especificamente sobre a utilização de RPA para georreferenciamento de imóveis. Nesse sentido cabe destaque no manual dos métodos GNSS e de Sensoriamento Remoto.

As coordenadas dos vértices do imóvel devem ser referenciadas no Sistema Geodésico Brasileiro – SGB vigente. Atualmente adota-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS – 2000) conforme a resolução nº 01/2005 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os valores de precisão posicional a serem observados são:

Vértices situados em limite	Precisão melhor ou igual a
Artificial	0,5 m
Natural	3,00 m
Inacessível	7,5 m

Tabela 9 Resumo de preciso mínima posicional (MTGIR 2^a Edição)

A tolerância admitida é no máximo 3x o valor da precisão para o tipo de limite, entre os valores de coordenadas de um ou mais vértices da parcela certificada em relação ao valor apurado por outro credenciado.

- **Tipos de limites**

Os limites são descritos por segmentos de reta interligados por vértices. Os seguimentos de reta descritos nos títulos de domínio e representados em planta, em geral, referem-se a elementos físicos.

Tipos de limite	Código	Recomendações
Elementos artificiais (Limites Articiais – LA)	Cerca	Recomenda-se levantar vértices ao longo da feição pois não são construídos com auxílio de instrumentos precisos de medição, o que proporciona mudanças de direção visualmente imperceptíveis.
	Muro	
	Canal	
	Vala	
	Estrada	Considera o limite físico da faixa de domínio ou, na inexistência, a própria estrada
	Linha ideal	realizada com a determinação dos vértices extremos dessa linha, que devem ser materializados por elementos físicos preexistentes ou implantados.

	LA não tipificado	LA7	Exemplos: limites definidos por cotas de inundação de reservatórios, Linha Média das Enchentes Ordinárias, dentre outros.
Elementos Naturais (Limites Naturais – LN)	Corpo d'água	LN1	coincide com a margem ou com o eixo. Devido à sinuosidade deve buscar o adequado adensamento de vértices para descrever esse limite de forma compatível com a realidade de campo.
	Curso d'água	LN1	
	Linha Cumeada	LN2	
	Grota	LN3	
	Crista de encosta (>45º)	LN4	
	Pé de Encosta	LN5	
	LN não tipificado	LN6	

Tabela 10 Resumo de tratamento de tipos de limite (MTGIR 2ª Edição)

- **Tipos de Vértices**

Os vértices definidores dos limites de imóveis são classificados por tipos, com o propósito de evidenciar a forma de posicionamento (direto ou indireto).

Cód.	Tipo	Posicionamento	Materialização	Aplicação	Modelo
M	Marco	Direto	Sim, em campo por marco.	Quando não há definição por elementos físicos é necessária a implantação de marcos	Podem ser construídos de concreto, rocha, metal ou material sintético.
P	Ponto	Direto	não	limites são definidos por cursos d'água, valas, cercas, dentre outros, ou onde a implantação de um marco é inviável.	-
V	Virtual	Indireto	não	Local inacessível	-

Tabela 11 Resumo de tipos de vértices (MTGIR 2ª Edição)

- **Codificação de Vértices**

Refere-se a um conjunto de caracteres alfanuméricos organizados de tal forma que não ocorra mais de um vértice, mesmo que em imóveis distintos, com o mesmo código, conforme regras a seguir:

- Os quatro primeiros caracteres referem-se ao código do credenciado responsável pelo posicionamento do vértice1;
- O quinto caractere refere-se ao tipo do vértice;
- Os caracteres seguintes referem-se a uma sequência de números inteiros, sendo incrementada à medida que o profissional efetue a definição de um novo vértice. Não deve haver repetição de números em vértice do mesmo tipo e do mesmo credenciado.
- A quantidade de dígitos na numeração diferencia um vértice do outro, como por exemplo, o vértice AAAA-M-1 não é igual ao vértice AAAA-M-0001.
- Nas edições anteriores da Norma Técnica, os tipos de vértices poderiam ser do tipo O (vértices obtidos por paralelas), além dos tipos previstos atualmente (M, P e V) e a numeração destes era formada por apenas quatro dígitos (0000 a 9999), podendo ser utilizadas letras quando a quantidade de vértices

extrapolasse a numeração máxima (A001 a ZZZ9). Apesar de não ser permitida a implantação de vértices novos com essa codificação, para os vértices já existentes, deverá ser mantida esta numeração nas situações em que o imóvel a ser georreferenciado confronte com imóveis já certificados àquela época, bem como em casos de desmembramento destas parcelas.



Figura 9 Codificação de vértices (MTGIR 2ª Edição)

- Métodos de posicionamento GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite)**

A sigla GNSS contempla sistemas de navegação com cobertura global, além de uma série de infraestruturas espaciais (SBAS – Satellite Based Augmentation System) e terrestre (GBAS – Ground Based Augmentation System) que associadas aos sistemas proporcionam maior precisão e confiabilidade. Os principais GNSS na atualidade são: GPS (EUA); GLONASS (URSS); BEIDOU (China); e GALILEO (UE). Já SBAS temos: WAAS (EUA) e EGNOS (EU).

Método	Descrição	Tipo	Subtipos
Posicionamento Relativo	As coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértice de coordenadas conhecidas. É necessário que dois ou mais receptores GNSS coletem dados simultaneamente, onde ao menos um dos receptores ocupe um vértice de referência	Fase da onda portadora: vértice de apoio e vértice situados em limites artificiais;	Estático: o(s) receptor(es) do(s) vértice (s) de referência quanto o(s) receptor(es) do(s) vértice (s) de interesse devem permanecer estacionados (estáticos) durante todo o levantamento. Estático rápido: Similar ao estático porém com menor duração da sessão de rastreio.
			Semicinemático (Stop and go): O receptor que ocupa o vértice de interesse permanece estático, porém num tempo de ocupação bastante curto, necessitando coletar dados no deslocamento entre um vértice de interesse e outro Cinemático: enquanto um ou mais receptores estão estacionados no(s) vértice (s) de referência, o(s) receptor(es) que coleta(m) dados dos vértices de interesse permanece(m) em movimento. A cada instante de observação, que coincide com o intervalo de gravação, é determinado um conjunto de coordenadas. (áreas sinuosas)
RTK	Baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites, do(s) receptor(es)	Pseudodistância: vértice situados em limites naturais	A partir de códigos: a disponibilidade de coordenadas se dá por meio de pós-processamento. um ou mais receptores ocuparem vértices de coordenadas conhecidas enquanto outro(s) coleta(m) dados dos vértices de interesse. (apenas limites naturais)
		Convencional: os dados de correção são transmitidos por meio de um link de rádio do receptor instalado no vértice de referência ao(s) receptor(es) que percorre(m) os vértices de interesse.	Em rede: existem várias estações de monitoramento contínuo conectadas a um

	<p>instalado(s) no(s) vértice(s) de referência ao(s) receptor(es) que percorre(m) os vértices de interesse. Desta forma, proporciona o conhecimento instantâneo (tempo real) de coordenadas corrigidas dos vértices levantados.</p>	<p>servidor central, a partir do qual são distribuídos, por meio da Internet, os dados de correção aos receptores móveis.</p> <p>por ponto preciso em tempo real</p> <p>(RTPPP ou PPP RTK): obtenção das coordenadas do vértice de interesse de forma absoluta a partir de transmissões das correções do relógio e das órbitas dos satélites por uma rede geodésica global, permitindo obter as informações em tempo real com a utilização de apenas um receptor ao nível de usuário.</p>
DGPS	<p>Fundamento análogo ao RTK, porém a observável usada é a pseudodistância a partir de códigos (restrita a limites naturais)</p>	
PPP	<p>No posicionamento por ponto preciso (PPP), as coordenadas do vértice de interesse são determinadas de forma absoluta utilizando efemérides precisas. Portanto, dispensa o uso de receptor instalado sobre um vértice de coordenadas conhecidas.</p>	

Tabela 12 Resumo de métodos de posicionamento - GNSS (MTGIR 2ª Edição)

- **Métodos de posicionamento por Sensoriamento Remoto**

No posicionamento por sensoriamento remoto, obtêm-se informações geométricas de elementos físicos, de forma indireta, com precisão e confiabilidade devidamente avaliadas, a partir de sensores em nível orbital ou aerotransportados.

Quando da utilização de produtos obtidos através de **aerofotogrametria**, radar ou laser scanner aerotransportados, além da especialização e habilitação específicos, deve-se estar devidamente habilitado pelo Ministério da Defesa (MD) e possuir homologação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Para o posicionamento com dados obtidos por aerofotogrametria deverá ser realizada a avaliação da acurácia posicional absoluta, obedecendo aos seguintes critérios:

- O Ground Sample Distance - GSD deverá ser compatível com a feição a ser identificada;
- Utilização de pontos de checagem/verificação, respeitando a proporcionalidade da área, geometria e relevo, objetivando atendimento ao Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC/PCD), conforme Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) e Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais ET-ADGV, ambos da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército;
- A classe resultante do cálculo do PEC deverá estar adequada à precisão exigida para o tipo de limite que se deseja representar;
- Caso se utilizem pontos de controle, estes não deverão ser utilizados como pontos de checagem;
- Para os vértices cujas coordenadas forem determinadas por aerofotogrametria, os valores de precisão posicional serão os valores de Root Mean Square (RMS) obtidos no processo de avaliação da acurácia posicional.

Quanto ao PEC O Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 estabeleceu as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira, em que foram utilizados como referência os parâmetros que as constituem e dividem PEC em diferentes classes, considerando 90% de probabilidade. O Decreto não prevê um número mínimo de pontos de verificação necessários para a comprovação da acurácia dos documentos. A ET-ADGV, por sua vez estabeleceu um novo PEC-PCD que baseia-se nas estatísticas de 90% (ou 1,6449 EP) dos pontos coletados no produto cartográfico em relação às coordenadas dos pontos homólogos coletados na

fonte de maior precisão. Para que sejam enquadrados nas classes do PEC-PCD, as discrepâncias entre as coordenadas dos pontos homólogos devem resultar em valores iguais ou inferiores de erro máximo (EM) e de erro padrão (EP) previstos para cada produto.

Com as novas tecnologias disponíveis hoje no mercado como os receptores geodésicos de alta precisão e a utilização de drones para a realização de levantamentos aerofotogramétricos o grau de precisão é obtido com padrões superiores aos exigidos juntos as tabelas do Decreto de 84 que não acompanhou as evoluções tecnológicas na área de cartografia. Hoje essa normativa serve como base para avaliação dos produtos gerados.

Os produtos obtidos por aerofotogrametria poderão ser utilizados nos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais para auxiliar a identificação das feições a serem representadas.

Uso	Produto recomendado
Feições foto identificáveis, como, por exemplo, limites definidos por cercas, muros, estradas e ferrovias, cursos d'água, dentre outros.	ortomosaicos e ortofotocartas
Feições de difícil definição, como por exemplo, linhas de cumeadas, áreas alagadiças, divisor de águas, cristas de encostas, talvegues, dentre outros.	ortomosaicos e ortofotocartas, combinados com MDT, MDS ou curvas de nível
Para limites inacessíveis	

Tabela 13 Resumo de uso de produtos de aerofotogrametria (MTGIR 2ª Edição)

O posicionamento por aerofotogrametria também pode ser utilizado na determinação de vértices em limites por cerca e mudanças de confrontação. Independentemente do tipo de limite, deve-se garantir a precisão posicional definida na tabela 5.

Para o posicionamento com dados obtidos por **sensores orbitais** deverá ser realizada a avaliação da acurácia posicional absoluta, obtida a partir de relatório de ortorretificação. Os produtos obtidos a partir de sensores orbitais somente poderão ser utilizados nos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais quando as feições forem identificáveis na imagem, ou seja, resolução espacial compatível com a feição. Deve-se garantir ainda a precisão posicional definida na tabela 5.

Para os vértices cujas coordenadas foram determinadas por **sensores orbitais**, os valores de precisão posicional serão os valores de Root Mean Square (RMS) obtidos no processo de ortorretificação.

Não se aplica o posicionamento **por sensoriamento remoto** na determinação **de vértices tipo “M”, vértices em limites por cerca e vértices referentes a mudanças de confrontação**.

- **Aplicação dos métodos de posicionamento**

Os métodos de posicionamento, juntamente com as características técnicas utilizadas para sua execução, devem garantir a precisão posicional de acordo com a aplicação do vértice. Dependendo do método de posicionamento a ser usado para determinação de coordenadas dos vértices de limite, há necessidade de se apoiar em vértices de coordenadas conhecidas, tais vértices são denominados como: apoio, controle, referência ou base.

Os vértices de apoio, para determinação dos vértices de limite, podem ser os que compõem o SGB ou

cujas coordenadas forem identificadas a partir de vértices do SGB. Para estes podem ser utilizados os métodos RTK convencional /RTPPP e RTK em rede para posicionamento de vértices de apoio.

Respeitados os padrões de precisão descritos na tabela 5 os métodos de posicionamento podem ser aplicados a determinado tipo de limite. A tabela abaixo contém os códigos atribuídos dos métodos aqui explanados e em qual tipo de limite eles podem ser utilizados.

Código	Método de Posicionamento	Aplicação	Tipo de Vértice
PG6	RTK convencional / RTPPP	Limite Artificial ou Natural	M, P
PG7	RTK em rede		
PG8	DGPS	Limite Natural	P
PS1	Aerofotogrametria		
PS2	Radar aerotransportado		
PS3	Laser scanner aerotransportado	Limite Artificial (exceto vértice M), Natural ou Inacessível	V
PS4	Sensores orbitais	Limite Artificial (exceto vértice M e limites por cerca), Natural ou Inacessível	

Tabela 14 Resumo de aplicação de alguns métodos para vértice de limite (MTGIR 2ª Edição)

- **Guarda de peças técnicas e documentação**

Para o georreferenciamento de imóveis rurais junto ao SIGEF todo o material utilizado para determinação das informações posicionais deve ser arquivado e mantido dentre eles cabe os seguintes destaques ao realizar um aerolevantamento:

- arquivos brutos GNSS (em formato RINEX e nativo);
- arquivos de registro de dados GNSS/RTK (arquivo de trabalho);
- Relatórios de processamento e ajustamento de posicionamento por GNSS;
- Imagens orbitais e/ou aéreas, georreferenciadas e ortorretificadas em formato de arquivo compactado;
- Relatórios de processamento do levantamento aéreo bem como os relatórios de processamento e ajustamento dos pontos de controle, quando utilizados, e pontos de checagem/verificação utilizados, com suas respectivas monografias;
- Relatório de controle e qualidade posicional (avaliação da acurácia posicional absoluta);
- Licença, habilitação e homologação, o que couber, das agências e órgãos reguladores para a execução aerofotogramétrica;
- Relatório de processamento e ajustamento de imagens, contendo modelo digital do terreno, pontos de controle, dentre outros;
- Anotação de responsabilidade técnica da empresa executora do trabalho de sensoriamento remoto, caso não tenha sido o credenciado o responsável técnico;

4. Sistemas Públicos

Conforme previsto no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94, na Subparte D – REGISTROS E MARCAS, Parágrafo “b”, toda UA com PMD acima de 250g DEVE SER CADASTRADA na ANAC e vinculada a uma pessoa (física ou jurídica, com CPF ou CNPJ no Brasil) que será a responsável legal pela aeronave.

O que possibilita a emissão da Certidão de Cadastro da aeronave pela ANAC é o cadastro em seu Sistema, o SISANT, o qual pode ser feito por pessoa física ou jurídica. As aeronaves orgânicas que serão utilizadas para as operações Aéreas Especiais deverão ser cadastradas no Sistema da ANAC como sendo de responsabilidade de pessoa jurídica. Após a realização do cadastro no SISANT, a aeronave estará disponível no Sistema para solicitação de acesso ao espaço aéreo brasileiro por aeronaves não tripuladas, o SARPAS.

Uma aeronave orgânica poderá operar sob as regras previstas no Manual mediante vinculação da Pessoa Jurídica (CNPJ) a um responsável, Pessoa Física (CPF), para administrar a conta da instituição. Esse gerente, denominado Administrador SARPAS, será o responsável por gerenciar equipes com prerrogativas do Órgão Especial, bem como compartilhar aeronaves.

- **SISANT**

Ao acessar o SISANT a plataforma traz uma página de Login, o tipo de login a ser selecionado é o SACI para pessoas físicas e jurídicas a outra opção (interno) trata-se de ambiente dos servidores da ANAC. O acesso é possível mediante cadastro (Criar Conta) ou por meio de registro no gov.br e pode ser realizado pro uma pessoa física. O novo sistema permite que qualquer usuário declare o drone como sendo operado por uma pessoa jurídica.

Figura 10 Login SISANT

Ao realizar o login uma página se abrirá com instruções de uso, um menu lateral para abrir os drones cadastrados (meus drones) e um botão no canto direito superior (Cadastrar Novo Drone).



Figura 11 Ambiente SISANT

Para cadastrar um drone basta clicar em “Cadastrar Novo Drone” e preencher os requisitos do equipamento.

Figura 12 Cadastro de Drone SISANT

Abaixo uma explicação suscinta sobre o preenchimento de cada campo, após preenchimento dos campos basta clicar em cadastrar no final do formulário.

Campo	Preenchimento
Nº de Cadastro da eronave	Campo contém nove dígitos que pode ser escolhido pelo cadastrante para representar o equipamento.
Fabricante	Colocar o nome da Fabricante do Equipamento
Modelo	Inserir o modelo do equipamento
Drone Cadastrado em nome de	Esse campo é para preenchimento apenas se o equipamento for em nome de pessoa jurídica. Caso já exista uma pessoa jurídica vinculada basta selecionar. Caso não exista uma pessoa jurídica vinculada deve-se clicar em “novo” e preencher com o dados da pessoa jurídica
Peso máximo de Decolagem (Kg)	Inserir o peso máximo de decolagem do equipamento que implicará na classe do aparelho
Nº de série	Número de série do equipamento.

	Nos aparelhos da DJI o número de série encontra-se ao lado de um QRcode normalmente próximo ao local da bateria.
Aeronave é experimental	Se a aeronave é experimental (opção sim ou não)
Uso recreativo	Se a aeronave será utilizada para recreação (opção sim ou não)
Informações adicionais	Campo de livre preenchimento
Estou de acordo com os termos abaixo	Campo de concordância com os termos de uso do site e legislação.

Tabela 15 Resumo de preenchimento SISANT

No cadastro realizado, constará a pessoa jurídica selecionada como operador, mas o cadastro continuará associado à pessoa física que realizou a operação. Para atribuir um drone para uma pessoa jurídica basta preencher o campo “Drone cadastrado em nome de” na página de cadastro inicial ou na opção “Editar” na página “Meus Drones”.

- **SARPAS**

Para obter as autorizações para operações de RPA segundo ICA 100-40 do DECEA é necessário alguns registros no SARPAS por meio do link <https://servicos.decea.mil.br/sarpas/>. O acesso é possível mediante registro no gov.br. Se a aeronave pertence a pessoa jurídica é possível registrá-la no ambiente da pessoa jurídica e compartilhar o equipamento com as pessoas físicas vinculadas (pilotos).

O acesso à conta Pessoa Jurídica no Sarpas não acontece de forma direta, é necessária uma conta de pessoa física. Para o cadastro do perfil de Pessoa Jurídica a pessoa física deverá em seu perfil acessar a aba lateral do sistema e clicar em “Organizações”.



Figura 13 Painel lateral SARPAS

Em seguida será aberto o painel de equipes com a opção de “cadastrar organização”, clique nessa opção para abrir uma sequência de 4 etapas.



Figura 14 Cadastrar organização SARPAS

- Etapa 1 – Informações: Leia atentamente todas as informações para dar continuidade ao cadastro, nesse ambiente é informado acerca do preenchimento de um e-mail institucional e a necessidade de comprovação de vínculo institucional.

Figura 15 Etapa 1 cadastro da organização SARPAS

- Etapa 2 – Selecione o tipo de conta que você pretende vincular: Padrão refere-se a órgãos emergenciais que se enquadram no MCA 56-1 e demais empresas. Órgãos do Governo refere-se a organizações que se enquadram nos MCA 56-3 e MCA 56-4.
-

Figura 16 Etapa 2 cadastro da organização SARPAS

- Etapa 3 – Validação de CNPJ: Será aberto um campo para informar o CNPJ. Caso o CNPJ possua cadastro no antigo sarpas será enviado um e-mail para validação da conta ao responsável por ela na versão anterior do sistema.

Figura 17 Etapa 3 cadastro da organização SARPAS

- Etapa 4 – Formulário CNPJ: Nesta etapa, as Organizações que se enquadram nos MCA 56-3 e MCA 56-4 (órgãos do governo) devem informar um e-mail institucional (domínio gov.br). Após a conclusão dessa etapa será visualizada a confirmação da criação do perfil de Pessoa Jurídica.

Complete o formulário

CNPJ Razão Social
Este campo é obrigatório

Email Telefone
Este campo é obrigatório

Conta criada com sucesso. Verifique seu email para validar a conta que foi criada

FECHAR

Figura 18 Conclusão do cadastro da organização SARPAS

Nesse sentido a pessoa física responsável deve acessar com sua conta gov.br o ambiente do SARPAS e no seu painel alterar o perfil de Pessoa Física para Jurídica, clicando no nome visualizado na parte superior direita da tela conforme figura a seguir:



Figura 19 Alteração de Perfil (CPF/CNPJ) SARPAS

O SARPAS está integrado com a base de dados do SISANT. Logo, não havendo divergência de informações nos cadastros realizados, para adicionar uma aeronave deve-se realizar “sincronização SISANT” no ambiente do Sarpas.

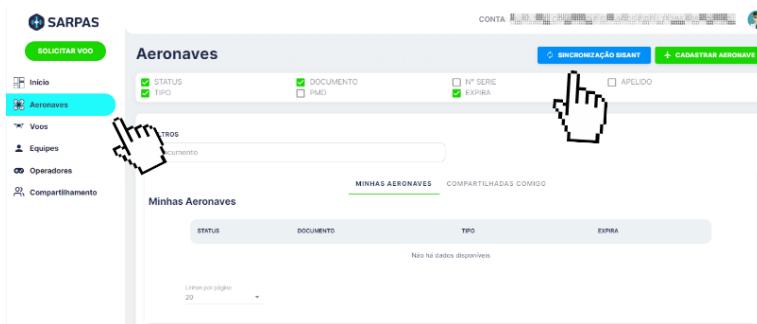


Figura 20 Sincronização SISANT/ SARPAS

O detentor da conta organizacional poderá cadastrar membros da organização clicando em equipe na aba lateral e em “adicionar membro”

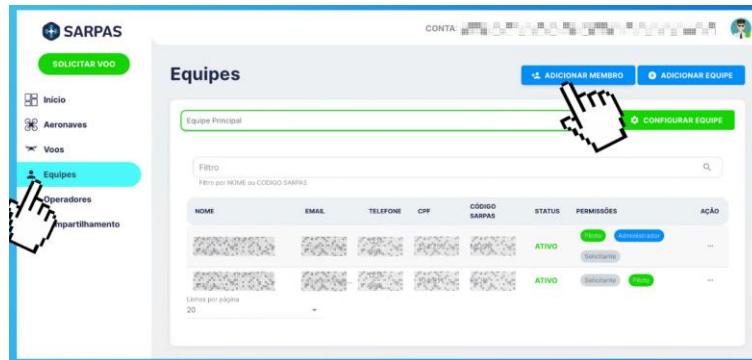


Figura 21 Adicionar membros da organização SARPAS

Para adicionar os membros será necessário possuir o código SARPAS de cada usuário. O código SARPAS é um código alfanumérico que aparece ao lado do perfil de usuário no ambiente. As permissões disponíveis devem ser preenchidas de acordo com o especificado abaixo:

- Administrados: Gerencia a equipe, solicita e realiza voos;
- Solicitante: Apenas pode solicitar voo;
- Piloto: Pode ser designado como piloto de uma operação. Não solicita voos.

É possível habilitar mais de uma opção para cada membro da equipe.

Figura 22 Adicionar novo membro SARPAS

Ao ser adicionado, o usuário deverá aceitar o vínculo em seu perfil pessoal na aba lateral “organizações pendentes” e na janela “Vínculos pendentes” selecionar a opção “aceitar”.

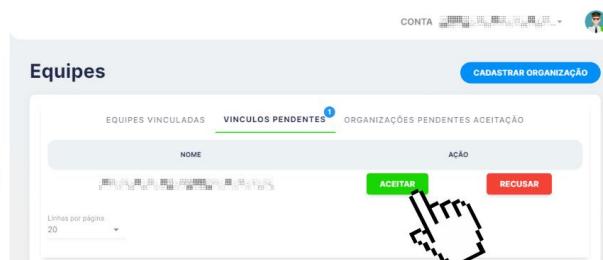


Figura 23 Aceitar vínculo SARPAS

Após o registro de membros é possível também criar equipes no sarpas junto a aba lateral “equipes”. Nesta área é possível configurar a equipe especificando um nome e atribuindo uma aeronave.

Para compartilhar aeronave com um membro ou uma equipe o responsável pelo equipamento deve ir na aba lateral compartilhamento e clicar em “novo compartilhamento” no canto superior direito da janela.

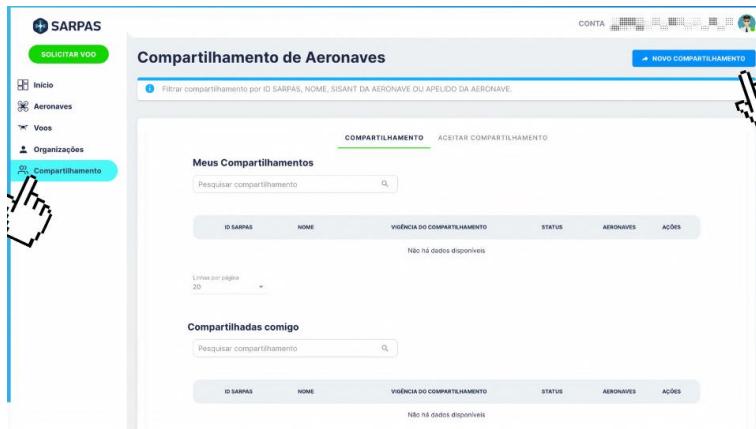


Figura 24 Compartilhamento de aeronave SARPAS

O compartilhamento permanecerá com o status “pendente” até que o outro usuário aceite a solicitação de compartilhamento. Para tal o usuário deverá acessar a aba lateral “compartilhamento”, clicar na janela “aceitar compartilhamento” e nos 3 pontinhos ao lado do compartilhamento pendente acionar a opção “aceitar”.



Figura 25 Aceite de compartilhamento de aeronave SARPAS

Outra possibilidade no SARPAS é a função na barra lateral “operadores” onde a organização poderá contratar outra pessoa para prestação de serviço de operação. Para tal, a organização deverá cadastrar a contratada como “operador”. Assim, o operador poderá solicitar voos em proveito da contratante.

Por fim, para solicitar voo o usuário deverá acessar a aba lateral “Voo” e preencher os dados da solicitação.

Abaixo uma explicação suscinta sobre o preenchimento de cada campo, após preenchimento dos campos basta clicar em cadastrar no final do formulário.

Campo	Preenchimento
Em provento de	Selecionar a organização que irá realizar o voo
Aeronaves	Selecionar a aeronave que será utilizada, nessa opção é possível selecionar mais de uma aeronave (as aeronaves precisam estar compartilhadas com o usuário)
Perfil de operação	Ao selecionar a aeronave o perfil de operação será automaticamente selecionado de acordo com a permissão disponível ao usuário para a aeronave
Nome da Operação	Campo para inserção de nome da operação a ser realizada. Essa informação auxilia para o controle da busca da operação
Pilotos	Selecionar os pilotos para a operação
Tipo de voo	Preencher o tipo de voo a ser executado conforme explicado no tópico “tipos de operação” deste material. Cabe lembrar que cada tipo de voo tem uma regra de utilização e isso implica nas permissões de voo (Figura 2)
Data	Data de realização do voo
Hora inicial	Horário que se inicia a operação (horário de Brasília)
Hora final	Horário que finaliza a operação (horário de Brasília)
Mapa	Selecionar a área no mapa e clicar com o botão direito do mouse . Automaticamente será criada uma área circular do voo. A direita do mapa existem as opções para poder regular o formato e altura do voo que se pretende operar. Vale salientar que essas definições influenciam nos prazos e aceitação da operação. Ao clicar em análise preliminar o sistema já aponta interferências legais de voo (aeródromos e helipontos). Caso haja interferência o usuário pode clicar em desenho avançado e editar os vértices para retirar a interferência do plano de voo. Para finalizar essa etapa é necessário clicar em definir local. Aparecerá uma mensagem de área atualizada com sucesso. Após clicar em avançar as opções de adicionar documentação estarão disponíveis.
Documentação requerida	Poderá ser anexada a documentação requerida para o voo especificado (cada voo possui uma documentação específica).

Tabela 16 Resumo de preenchimento SISANT

Após o preenchimento adequado dos campos o voo estará disponível na janela da aba lateral “voos”.

5. Cuidados básicos

- **Aeronave**

Alguns cuidados com a aeronave são necessários para sua vida útil e segurança de pilotagem. Limpeza dos sensores é necessária para que evite que o aparelho esteja em bom funcionamento evitando-se colisões. Limpeza dos rotores é necessária para o bom funcionamento da aeronave e economia de bateria, motores sujos atrapalham o bom funcionamento das hélices prejudicando a estabilização da aeronave e o desempenho da bateria.

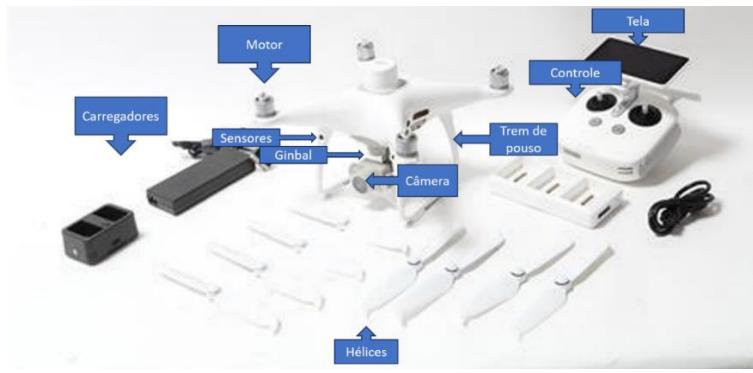


Figura 26 Aeronave Phantom 4 Pro RTK

Outra parte a ser verificada é a limpeza da lente para a obtenção de imagens adequadas bem como melhor visualização do voo. A lente deve ser limpa com a utilização de panos e produtos adequados para sua melhor conservação. O aparelho deve ser manuseado cuidadosamente evitando-se trepidações no Gimbal, pois o mesmo pode ser danificado comprometendo a estabilização da câmera. O aparelho vem com um encaixe de plástico que segura o Gimbal manter esse encaixe afixado ao aparelho durante o transporte do mesmo assegurando sua durabilidade. Lembrar-se sempre de retirá-lo antes de ligar o aparelho para voo ou calibração.

O aparelho possui GPS em seu corpo, logo, deve-se evitar a utilização de objetos metálicos que possam comprometer o funcionamento do mesmo. É necessário também sempre verificar o encaixe das hélices antes de ligar o aparelho. Quando for voar utilizar uma plataforma plana e pesada (para evitar escorregamento) de forma a não interferir na calibragem e integridade da câmera.

• Bateria

O equipamento a ser utilizado possui bateria tipo LIPO (Lítio + Polimero) que requer alguns cuidados de operação. A Bateria não pode ser guardada nem com carga demais nem de menos, nunca deixe com carga completa por mais de 2 ou 3 dias. Caso esteja inchada é necessário descarte adequado, nesta situação ela não deve ser utilizada, pois há risco de explosão.

É essencial que todas as células de uma bateria LIPO mantenham a mesma voltagem através de todas as células em todos os momentos, no caso dos aparelhos da DJI a bateria possui um sistema denominado inteligente, pois ao carregá-la a voltagem e desligamento são controlados pela própria bateria (DJI Bateria inteligente). Em todos os casos de operação e armazenamento deve-se evitar temperaturas extremas (quente e frio).

• Controle

Assim como a bateria o controle deve ser recarregado adequadamente de acordo com o uso. Deve-se verificar antes de qualquer voo se o controle possui bateria suficiente para a realização da atividade. O controle do Phantom 4 Pro integra um sistema de transmissão de vídeo em 5.8GHz. No modelo pró a opção de operação entre 2.4GHz e 5.8GHz permite eliminar interferências e o atraso de imagem. Sendo assim, a depender do local de operação devem ser verificadas interferências com essas frequências.



Figura 27 Controle do DJI Phantom 4 Pro RTK

A posição da Antena e de obstáculos deve ser considerada no plano de voo para que o sinal entre o equipamento e o controle não se perca. O equipamento possui 2 antenas que para melhor operação devem ser posicionadas paralelamente. O cruzamento das antenas pode afetar a recepção do sinal do equipamento.

O controle possui a opção “return to home” que só deve ser acionada em emergências. O Piloto deve ter sempre o controle da aeronave para evitar acidentes. O “return to home” deve ser configurado previamente no aparelho de acordo com a área (obstáculos) para evitar acidentes.

Alguns aparelhos possuem modos de operação que são: P (positioning): GPS e sensores de obstáculo ativos; S (sport): Sensores desligados e velocidade até 20m/s; e A (attitude): Sensores e GPS Desligados. Deve ser verificada o modo de operação pretendido antes do início da decolagem.

- **Hélices**

As hélices possuem curvaturas adequadas à realização das forças necessárias a movimentação da aeronave. Logo, sua limpeza e conservação são necessárias para um voo adequado. Se a hélice estiver danificada, mesmo minimamente, deve ser substituída. As hélices são intercaladas de acordo com o sentido do Giro para evitar o encaixe inadequado. A aeronave possui marcações pretas e pratas tanto na hélice quanto no equipamento para o encaixe correto. Quanto ao encaixe sempre verificar antes de ligar o aparelho se o encaixe está seguro.

- **Software**

Sempre verificar se o equipamento necessita de atualização para seu pleno funcionamento. Sendo assim, como demandam tempo, no dia anterior ao voo verificar as atualizações e realiza-las utilizando wifi. Essas atualizações devem ser realizadas com a bateria do controle e da aeronave totalmente carregadas. Para evitar problemas durante o voo sempre verificar em fóruns e no site do fabricante se a atualização não apresenta bugs.



• Memória

Antes do voo verificar se o cartão de memória está no slot do aparelho, bem como, verificar se há memória suficiente no cartão para o plano de voo. Utilizar apenas cartões classe 10 ou superiores com velocidade de gravação adequadas a resolução pretendida.

• Pilotagem

Verificar sempre o plano de voo e a documentação necessária para a realização da operação. Sempre voar a uma distância de 30m de transeuntes. Checar o sinal de GPS, velocidade do vento, cobertura de nuvens, proximidade com aeroportos e aeronaves, radiação solar, previsões climatológicas, existência de minério de ferro (comprometem a bússola do aparelho), antenas, fios, interferência de celular dentre outros fatores externos que possam comprometer a operabilidade e segurança.

• Condições meteorológicas

É importante analisar as condições meteorológicas para realizar um voo. O ideal é ter céu sem **nuvens**, pois as nuvens causam sombreamento nas imagens. O sombreamento é algo muito importante na aerofotogrametria.

A fotogrametria é a ciência que se utiliza de imagens para se fazer medidas, mas não qualquer imagem, não de qualquer jeito, é necessário certo cuidado no modo como essas imagens são feitas.

O primeiro cuidado a se tomar refere-se a escolha do horário que será realizado e levantamento aerofotogramétrico considerando a posição do sol e cobertura de nuvens evitando-se o sombreamento das imagens, isso se refere a **janela de voo**, garantindo que tenhamos uma boa iluminação durante o mapeamento.

De uma forma geral há um horário em que o sol está a pino, com base neste horário, um intervalo de horas é determinado (antes e depois) para que se possa realizar o voo. O horário do sol a pino varia de acordo com a localização e data.

O Sol está a pino quando se encontra no zênite, ou seja, no ponto mais alto do céu, exatamente acima das nossas cabeças. E isso varia durante o ano devido ao posicionamento do sol. Junto ao site (<https://www.sunrise-and-sunset.com/pt/sun/brasil/>) é possível verificar o horário do sol a pino na data e local.

Assim, para calcular a melhor exposição consideramos um intervalo de 3 horas. Por exemplo se em Brasília dia 15/10/2024 o sol a pino seria às 11:56. Assim, o melhor período para se realizar o voo seria de 8:56 a 14:56. Observando-se também a presença de nuvens no sombreamento da região.

Outra questão é o **vento**, pois não é indicado levantar voo com a velocidade do vento acima da resistência máxima do equipamento. O vento afeta os seguintes fatores no voo:

- Estabilidade: A resistência ao vento permite que os drones permaneçam estáveis durante o voo;
- Precisão: Drones com boa resistência ao vento podem manter sua posição e trajetória com maior precisão;

- Autonomia: Para garantir a estabilidade de voo os equipamentos gastam maior energia em movimentação de hélices. Ou seja, quanto mais forte for o vento e necessidade de resistência do equipamento mais bateria é consumida;

A Escala de Beaufort, um sistema de classificação desenvolvido por um almirante britânico no século XIX, mede a intensidade dos ventos com base na observação visual dos seus efeitos na superfície da água e em objetos terrestres. Esta escala, varia de 0 a 12, abrange condições desde a calmaria total até ventos de força de furacão.

Voar em condições de vento moderado a forte pode demandar habilidades de pilotagem avançadas e uma atenção redobrada aos controles do drone. Em casos de vento muito forte, é aconselhável evitar completamente o voo, visando evitar acidentes e prejuízos ao equipamento.

No caso de aerolevantamento tanto a velocidade do equipamento quanto a velocidade do vento podem provocar arrastamento nas imagens. No caso de fotofilmagem as hélices podem aparecer no vídeo atrapalhando a qualidade das imagens.

Também não é recomendável levantar um drone na **chuva ou em temperaturas extremas**. Não é recomendado levantar um drone na chuva, a menos que o drone seja à prova d'água. A chuva pode causar danos às partes eletrônicas sensíveis do drone, o que pode causar curtos-circuitos.

Além disso, voar com drones em condições de chuva pode comprometer a visibilidade e prejudicar os sistemas e sensores, aumentando os riscos de acidentes. Assim deve-se:

- Verificar as condições climáticas e a previsão do tempo antes do voo;
- Evitar voar durante tempestades ou chuvas intensas;
- Certificar-se de que o drone seja resistente à água ou tenha um casco à prova d'água;
- Proteger todas as baterias, conexões e componentes contra a umidade;
- Secar completamente o drone após o voo na chuva, evitando o acúmulo de umidade e danos aos componentes eletrônicos.

Fatores externos podem interferir no funcionamento do equipamento. Portanto caso ocorram grandes variações nos **campos eletromagnéticos da Terra** ou alguma alta incidência de **radiação Solar**, recomenda-se suspender o voo.

Voar com drone seguro, envolve também considerar as diversas condições atmosféricas, algumas delas são as condições eletromagnéticas da Terra e as condições solares no momento de seu voo.

Para um voo mais seguro, devem ser considerados estes dados, pois independente da precisão do equipamento, fatores externos podem sim interferir. Portanto caso ocorram grandes variações nos campos eletromagnéticos da Terra ou alguma alta incidência de radiação Solar, é recomendável suspender o voo.

O índice Kp mede a atividade do campo magnético da Terra, em decorrência das tempestades geomagnéticas (solares). Varia de 0 a 9 e pode ser obtido por aplicativos (UAV Forecast). Se o mesmo estiver acima de 4 (inclusive), não voe!

Tempestade solar		
Baixo	<1,00E-6 W / m ²	Perfeitas condições de Voo
Ativo	> = 1,00E-6 W / m ²	Boas condições de Voo
Médio	> = 1,00E-5 W / m ²	Requer muita atenção
Alto	> = 1,00E-4 W / m ²	Recomenda-se não voar
Altíssimo	> = 1,00E-3 W / m ²	Não voar
Campo Geomagnético		
Calm	Kp <4	Perfeitas condições de Voo
Perturbado	Kp = 4	Muita atenção, voo arriscado
Tempestade	Kp > 4	Não Voar

Tabela 17 Índice Kp

Exposto isso, alguns sites podem ser utilizados para prever as condições meteorológicas. Como se trata de previsão, não é totalmente garantido que haja estas condições em campo. Preze sempre pela segurança, inicialmente, e pela qualidade do projeto.

6. Operação

Para a operação do aparelho é necessário estar em condições físicas e ser devidamente treinado. O treinamento se faz necessário tanto para piloto quanto para copiloto. A necessidade do treinamento e para evitar a operação inadequada do aparelho e a segurança própria e de terceiros. É necessária sempre a presença de um copiloto para auxílio de navegação nos modos de voo e de operacionalização caso necessite.

Para ligar a aeronave basta acionar o botão de ligar na bateria acoplada na aeronave, pressione o botão uma vez rapidamente e pressione novamente mantendo o botão acionado até o ascendimento das luzes e o aviso sonoro (aproximadamente 1s). Para ligar o controle basta acionar o botão de ligar no dispositivo, pressione o botão uma vez rapidamente e pressione novamente mantendo o botão acionado até o ascendimento das luzes e o aviso sonoro (aproximadamente 1s).

- **Pilotagem**

Para adequada operação do equipamento e navegação é necessário saber alguns comandos do equipamento. O controle do aparelho possui dois sticks para operação. O stick esquerdo comanda o leme e o aprofundador que tem as funções de rotacionar (leme), subir e descer (aprofundador). Já o stick direito possui as funções de Aileron direito e Aileron esquerdo, que movem a aeronave para o lado direito e esquerdo, e a função pica (para frente) e cabra (para trás). Essa configuração de pilotagem é padrão e mais usual, no entanto, o aparelho possibilita a utilização de outras configurações.

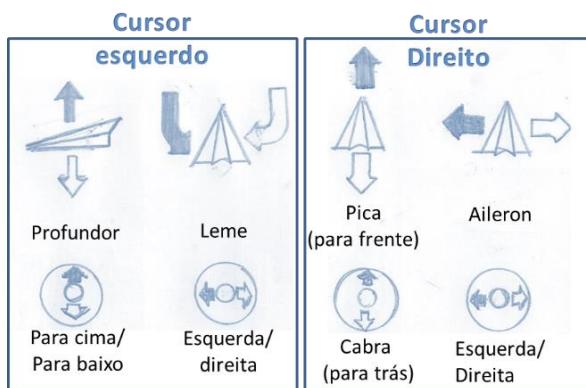


Figura 28 Configuração padrão do controle

A utilização dos termos profundor, leme, pica, cabra e aileron auxiliam a comunicação entre piloto e copiloto no exercício das manobras no ar uma vez que identificam o posicionamento da aeronave e do comando no controle. No ar a frente do equipamento muda em relação ao controle e esses termos técnicos auxiliam a comunicação e execução das manobras.

A prática de pilotagem auxilia o piloto a ter destreza na utilização do equipamento e memorizar manobras e linguagem para facilitar as operações. É possível identificar na prática de pilotagem se o piloto possui o manuseio adequado do controle e noção de profundidade sendo ela essencial para identificar potencialidades e limitações dentre operadores e copilotos. É interessante realizar a prática de pilotagem de tempos em tempos para agregar segurança ao piloto na utilização do equipamento. Na tabela abaixo são apresentados alguns exercícios para a prática de pilotagem:

Decolagem	Utilização simultânea do aileron esquerda e leme direita em seguida simultaneamente cabra/aileron esquerda e profundor/leme direita até o acionamento das hélices. Em seguida utilize o propulsor para atingir a altitude desejada
Aterrissagem (Profundor)	Utilização apenas do profundor até o desligamento das hélices após tocar o solo.
Profundor e Propulsor: Utilize o profundor e o propulsor para atingir a altura desejada	
Ir e voltar em linha reta mantendo a frente do aparelho sempre oposta ao piloto. (Pica e Cabra)	
seguir até o cone oposto contornando o com o leme da aeronave posicionando a frente da aeronave para retorno ao piloto. (Pica e Leme)	
CIRCUITO TRIÂNGULO 1: Seguir de um cone a outro com contornando-o com a frente sempre oposta ao piloto. (Aileron Lateral, Pica e Cabra)	

CIRCUITO TRIÂNGULO 2: Seguir de um cone a outro com contornando-o utilizando o leme com a frente sempre voltada ao próximo cone objetivo. (Pica e leme)	
CIRCUITO TRIÂNGULO 3: Seguir de um cone a outro com contornando-o com a frente sempre oposta ao piloto. (Cabra, Aieleron Lateral e Leme simultâneo)	
CIRCUITO RETÂNGULO 1: Seguir de um cone a outro contornando-o com a frente sempre oposta ao piloto. (Aileron lateral, Pica e Cabra)	
CIRCUITO RETÂNGULO 2: Seguir de um cone a outro contornando-o com a frente sempre voltada ao próximo cone objetivo. (Leme e Pica)	
CIRCUITO RETÂNGULO 3: Seguir de um cone a outro contornando-o com a traseira sempre voltada ao próximo cone objetivo. (Leme e Cabra)	
CIRCUITO CÍRCULO 1: Circular o cone com a frente voltada ao sentido da direção. (Leme e Pica)	
CIRCUITO CÍRCULO 2: Circular o cone com a traseira do equipamento voltada ao sentido da direção. (Leme e Cabra)	
CIRCUITO CÍRCULO 3: Circular o cone com a frente do equipamento direcionada sempre ao cone. (Leme e Aileron Lateral simultâneo)	

CIRCUITO LAÇO: Contornar os cones nas extremidades mudando o lado da trajetória acima do cone central. (Leme e Pica)	
ZOOM OUT: Com a câmera apontada para o cone afastar do cone e elevar o drone ao mesmo tempo. Utilizando cabra e propulsor. Com a câmera apontada para o cone tente fazer esse movimento mudando a angulação da câmera ao mesmo tempo mantendo a imagem do cone sempre ao centro. (Cabra e Propulsor)	
ZOOM IN: Com a câmera apontada para o cone aproximar do cone e descer o drone ao mesmo tempo. Utilizando profundo e pica. Com a câmera apontada para o cone tente fazer esse movimento mudando a angulação da câmera ao mesmo tempo mantendo a imagem do cone sempre ao centro. (Pica e Profundor)	
Voo livre com (fotos e vídeos).	Voo livre.
Copiloto.	Auxiliar o piloto na execução das atividades.

Tabela 18 Exercícios para a prática de pilotagem

- GNSS

No caso de aparelhos com RTK (Real time Kinematic) para obter maior precisão utiliza-se estações móvel GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite). O modelo da DJI compatível com o Phantom pro RTK é a estação móvel DJI D-RTK 2, trata-se um receptor GNSS com os principais sistemas de navegação por satélite. A estação propicia correções diferenciais em tempo real para a geração de dados de posicionamento em centímetros com maior precisão relativa.

A estação móvel DJI D-RTK 2 tem o suporte aos principais sinais de sistemas de posicionamento do tipo GPS (EUA), GLONASS (URSS), BEIDOU (China) e GALILEO (UE).



Figura 29 D-RTK 2 com Tripé

As cores no indicador podem variar de acordo com a obtenção de satélites conforme figura e tabela abaixo:



Figura 30 Situação de operação do RTK

Descrição do Indicador liga/desliga	Notificação
Vermelho aceso	Sistema inicializando/ notificação de erro
Vermelho Piscando Rápido	Nível de bateria menor que 20%
Vermelho Piscando Devagar	≤5 Satélites
Amarelo aceso	6-9 Satélites
Verde aceso	≥10 Satélites

Tabela 19 D-RTK2 cores no indicador ligado/desligado

Modo de operação 1/3/4	Qualidade de sinal
Verde aceso	>70%
Verde piscando rápido	35%-70%
Verde Piscando devagar	≤ 35%
Vermelho aceso	0%

Tabela 20 D-RTK2 cores no indicador de sincronização

Modo de operação	Compatibilidades	Padrão Piscando
1	Estação Base Móvel (T20/T16/MG-1P RTK/ Phantom 4 RTK/ P4 Multispectral)	1x
2	Reservado	2x
3	Mapeamento Portátil (T20/T16/MG-1P RTK/ Phantom 4 RTK)	3x
4	Estação Base Móvel (M210 RTK V2)	4x
5	Estação Base Móvel (Broadcast Mode, Inspire 3/M350 RTK/M30/M30T/ M300 RTK/T40/T20P/T30/T1)	5x

Tabela 21 D-RTK2 cores no indicador de modo de operação

Ao posicionar a estação móvel RTK certifique-se de que a mesma está nivelada ao solo por meio do nível disposto no equipamento (próximo a bateria).

Para a operação dos equipamentos utiliza-se o software do fabricante preferencialmente, no caso do Phantom 4 pro RTK o software abarcado é o DJI GO que contém modo de Pilotagem e modo de plano de voo.

Alguns softwares podem ser utilizados para pilotagem, aerolevantamento, processamento e verificação das condições adequadas de voo. Abaixo uma listagem de alguns softwares utilizados atualmente. Em negrito os softwares que serão utilizados nesta apostila.

- **DJI Go (Pilotagem e plano de voo)**
- Flightradar 24 (Condições de voo)
- Map Pilot (aerolevantamento)
- **Pix4d (aerolevantamento/processamento)**
- **3Dsurveypilot (aerolevantamento)**
- **Agisoft Metashape Professional (processamento e calibração de câmera)**
- **WebODM (processamento)**
- Esri Drone2map (processamento)
- **DroneDeploy (aerolevantamento)**
- DJI Terra (Processamento)
- Open CV (calibração de câmera)
- Adobe Lens Profile Creator (calibração de câmera)
- VisualSFM (processamento)
- COLMAP (processamento – gratuito e open-source)
- Meshroom (processamento – gratuito e open-source)
- 3DF Zephyr (processamento)
- GeoPEC 3.5 (cálculo de PEC)

7. DJI GO

O software DJI GO é o software do fabricante para pilotagem. A primeira vez que ligar o aparelho será necessária a atualização do software, o programa oferece na sua inicialização um passo a passo de como efetuar atualização.

O modelo Phantom 4 pro RTK já tem seu software pré-instalado e possui a opção “Plan” e “Fly”.

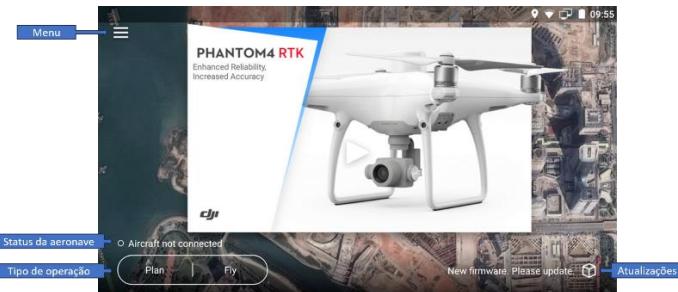


Figura 31 Tela DJI GO (tela de seleção de operação)

A opção “Fly” é utilizada para a operação de voo manual onde se tem o controle do equipamento em toda a operação com trajetória livre e obtenção de vídeo e imagens por acionamento do operador.

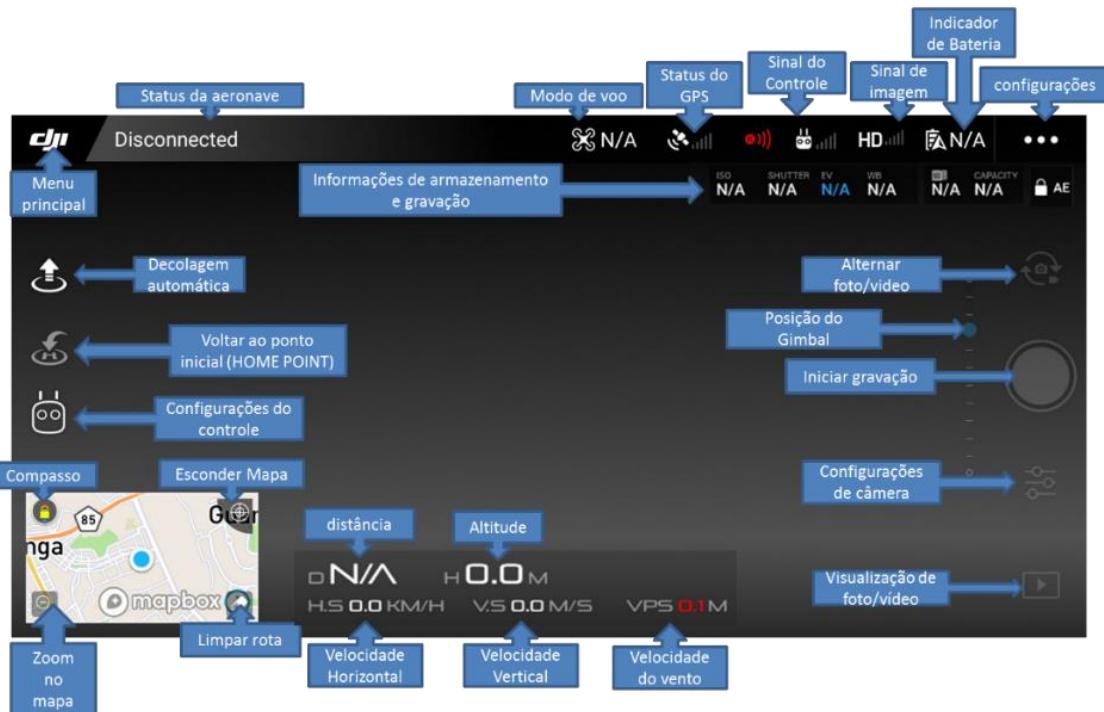


Figura 32 Tela DJI GO (modo - Fly)

Após ajustes do software antes de iniciar as operações é necessário efetuar a **calibragem da bússula**. Para tal no canto superior da tela no ícone de configurações (general settings) (...) procure a opção da bússula e siga os passos de calibração.

Outro cuidado a ser tomado antes do voo é a configuração dos itens altura máxima de decolagem (neste deixar sempre 120m para respeitar os aspectos legais de voo) e o modo de operação (este retirar a opção beginner mode que limita a uma área de 30m³). Essas configurações também são realizadas no campo de opções (general settings) no canto direito da tela ícone (...).

Após estes ajustes iniciais o equipamento está pronto para decolagem. Caso a intenção do voo tenha uma pré-configuração com rotas ou área a ser imageada é necessário ir para a opção “Plan” do menu inicial.

A opção “plan” é utilizada para uma pré-configuração de voo, tais como em aerolevantamentos. Em outros equipamentos para esse tipo de atividade é necessário instalar softwares como o Drone Deploy, explicado no capítulo 5 desta apostila.

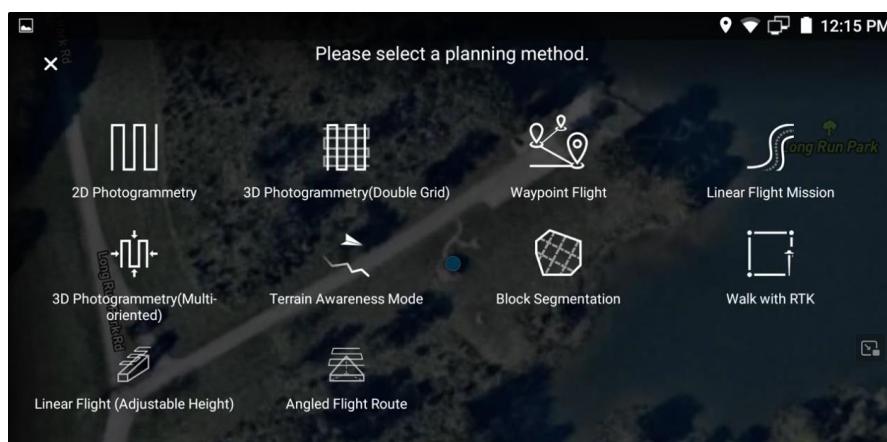


Figura 33 Tela DJI GO (Opções de operação – modo Plan)

Os métodos disponíveis no software para o planejamento de voo são:

- 2D Photogrammetry;
- 3D Photogrammetry (doble grid);
- Waypoint Flight;
- Linear Flight Mission,
- 3D Photogrammetric (multioriented);
- Terrain Awareness Mode;
- Block segmentation;
- Walk with RTK;
- Linear Flight (adjustable height);
- Angled Flight Route;

Para aerolevantamento o modo amplamente utilizado é o de 2D Photogrammetry, onde é traçado um plano de voo que irá percorrer a área a ser imageada obtendo fotos sequenciais para a construção de um ortomosaico. Considerando o objetivo desta apostila este modo será utilizado como exemplo para as etapas de aerolevantamento utilizando o aparelho Phantom 4 pro RTK.

Ao selecionar 2D Photogrammetry abre-se a janela para a configuração dos parâmetros de voo.



Figura 34 Tela DJI GO (modo – Plan Photogrammetry)

• Configurações do Projeto

Na tela desenhe a área a ser imageada. Na área de configuração dos parâmetros de operação insira as informações para a realização do trabalho almejado tais como altura e velocidade do voo. Ao selecionar esses parâmetros os campos área, tempo de operação e fotos irão modificar de acordo com as configurações

realizadas ao projeto. Nesse sentido cabe avaliar se as baterias serão suficientes e se será necessário aumentar a altitude de voo. Recomenda-se operações com baixa velocidade para uma melhor captura das imagens.

- **Configurações da Câmera**

A depender da luminosidade do local é interessante acessar a área de configuração da câmera (White balance) e definir o tipo de luminosidade no local. Lembrando que a posição da câmera para esse tipo de operação é de -90º. Nesse painel é possível definir também a proporção das fotos (photo ratio), correção de distorção (Distortion correction) e a Prioridade do obturador (shutter priority).

- **Configurações avançadas**

Em configurações avançadas temos as opções de Taxa de sobreposição lateral (Side overlap rate), taxa de sobreposição direta (Forward overlap rate) e configurações de margem. Esses parâmetros devem ser escondidos para evitar partes sem captura de imagens e permitir correções baseadas em alvos comuns nas imagens. Ao definir as taxas de sobreposição altera-se também a quantidade de fotos e o tempo de voo. Logo, essas configurações também devem ser observadas para a definição de quantidade de baterias necessárias e a altitude de voo. Quanto mais alto o voo é realizado menor é a quantidade de fotos necessárias ao imageamento do alvo.

- **Sincronização com base GNSS**

Ligue a base DJI D-RTK 2 pressionando o botão liga/desliga. Aguarde até que o indicador liga/desliga fique verde piscando e o modo de operação estar piscando corretamente.

No aplicativo do controle vá em configurações  e habilite o equipamento:

- 1 – RTK
- 2 – Aircraft RTK positioning (habilitar)
- 3 – RTK Service type (D-RTK 2 Mobile Station);
- 4 – D-RTK 2 Mobile Station Status

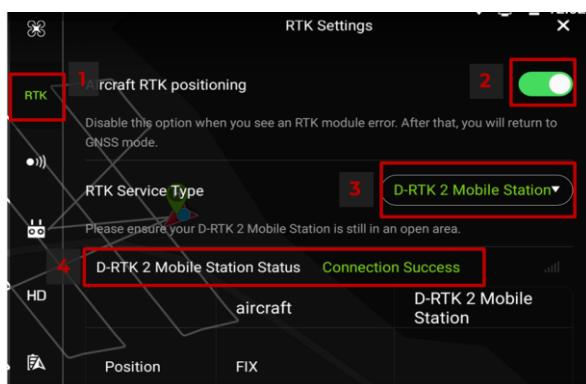


Figura 35 Sincronização DJI Go e RTK

Caso o item 4 não apareça o equipamento vai solicitar que seja realizado realinhamento com a aeronave. Para tal basta pressionar (com algum objeto pontudo) o botão de link que fica entre a entrada dos dispositivos usb e de cartão de memória.



Figura 36 Botão link da aeronave

As luzes indicativas na estação móvel devem estar preferencialmente verde aceso no indicador de sincronização, verde aceso no indicador de liga/desliga e verde piscando no indicador de modo de operação (padrão 1). Caso não esteja desse modo verificar as cores indicativas explanadas nas tabelas 5, 6 e 7 desta apostila para verificar o que houve com o equipamento.

Em configurações avançadas (Advanced settings) vá em GNSS coordinate input e insira os valores X,Y,Z se necessário (padrão equipamento WGS 84 (elipsoidal)). Em Z acrescente 1,8022m para levar em consideração a altura da base.

Após as configurações de sincronização com a base RTK o status no aplicativo do controle deve estar em verde com (RTK) para que o aerolevantamento seja iniciado.



Figura 37 Status atualizado para voo com RTK

Caso apresente erro de calibragem será necessário calibrar a bussola da aeronave novamente nas configurações do aplicativo.

8. Planejamento de Voo

Neste capítulo iremos tratar de alguns aspectos necessários ao aerolevantamento e outros softwares, além do da DJI (DJI GO), mais utilizados para o planejamento de voo. Para um projeto adequado tem-se o equipamento adequado. Então o que devemos considerar na escolha do equipamento.

- Sensor: qual sensor é o mais adequado a minha atividade?
- Altitude: Qual altitude de voo preciso considerar no projeto?
- Resistências: Quais as condições de operação que vou submeter o equipamento?
- Tamanho do equipamento: Preciso de um equipamento portátil ou robusto?
- Tamanho do projeto: Autonomia do equipamento atende ao meu projeto?
- Tipo: Asa rotativa ou Asa fixa?
- Condições legais de operação: Qual peso do equipamento, preciso de licença específica, tenho o piloto adequado a atividade?

- Aplicações e softwares compatíveis: Sempre verificar a compatibilidade do software com o equipamento.

- **Sensor**

Ao analisar as especificações técnicas de um drone para mapeamento aéreo, é importante se atentar ao sensor da câmera. Ao se trabalhar com uma câmera convencional, sensor fotográfico que trabalha com a região do visível (RGB), por exemplo, temos que nos atentar ao tipo de obturador (rolling shutter ou global shutter) quando se trata de aerolevantamento pois o modo de captura da imagem influencia no resultado final. Alguns softwares executam as correções para cada obturador outros não.

O Rolling Shutter é apresentado como obturador eletrônico. Ele também é chamado de sensor linear, pois processa a imagem em uma linha de células fotoelétricas de cada vez. Já o modo Global Shutter – advindo de um obturador todo quadro é capturado no mesmo instante, permitindo uma captura “congelada” de objetos em movimento,

No mapeamento aéreo, como o drone está em movimento, o terreno “passa” pelo obturador similar ao que acontece com as hélices de um ventilador.



Figura 38 Exemplo de efeito causado por obturador Rolling Shutter e Global Shutter

Modelo	Obturador
Mavic Air	Rolling Shutter
Mavic Air 2	Rolling Shutter
Mavic Air 2S	Rolling Shutter
Mavic Mini	Rolling Shutter
Mavic Mini 2	Rolling Shutter
Mavic Mini SE	Rolling Shutter
Mavic Mini 3	Rolling Shutter
Mavic Mini 4	Rolling Shutter
Mavic 2 Pro/Zoom	Rolling Shutter
Mavic 2E	Rolling Shutter
Mavic 3 Classic/Pro	Rolling Shutter
Mavic 3 Thermal	Rolling Shutter
Mavic 3E Multispectral	Global Shutter
Mavic 3E RTK	Global Shutter
Phantom 3E/multispectral	Global Shutter
Phantom 3 Adv/Pro/Standard	Rolling Shutter
Phantom 4	Global Shutter

Phantom 4 Adv/Pro/Standard	Global Shutter
Phantom 4 RTK	Global Shutter

Tabela 22 Obturador equipamentos DJI

Quando se trata de sensores multiespectrais é necessário saber quais bandas ou combinação de bandas são necessárias ao projeto. Isso auxilia a diminuir os custos de operação. As imagens multiespectrais e hiperespectrais têm inúmeros usos práticos em diferentes áreas, incluindo agricultura, pesquisa ambiental, gerenciamento de desastres e muito mais. Enquanto imagens hiperespectrais são mais comumente usadas, por exemplo, em geologia e desenvolvimento mineral para coletar informações sobre materiais.

Esses sensores permitem análise de vegetação, monitoramento ambiental, gestão de desastres, manejo florestal sustentável, entre outros usos.

Para a escolha avalie qual é mais relevante para sua tarefa: maior detalhe espectral ou eficiência operacional. Sensores hiperespectrais, que detectam numerosas bandas estreitas, fornecem informações extensas sobre as assinaturas espectrais distintas de diferentes materiais. No entanto, uma resolução espectral tão alta exige capacidades computacionais superiores, processamento de dados complexos e conhecimento especializado para interpretar os resultados.

As câmeras térmicas são projetadas para transformar assinaturas infravermelhas em algo visível para os humanos. As câmeras térmicas de drone podem detectar a temperatura da superfície de muitos objetos, mas há exceções. Por exemplo, objetos altamente polidos, brilhantes e refletivos não absorvem muito calor – eles têm baixa emissividade. Esses objetos são difíceis de detectar em câmeras térmicas. Objetos de alta emissividade, como madeira, concreto e até pessoas, são fáceis de digitalizar.

Usando software de imagem térmica, os usuários podem alterar a paleta de cores usada para representar o calor da cena. Cada visualização é útil para selecionar vários detalhes da imagem. Câmeras térmicas mais avançadas oferecem uma variedade maior de visualizações – a Zenmuse H20T oferece 12 paletas de cores separadas.

O tipo de câmera térmica usada também determina em que formato as imagens são capturadas e armazenadas. Embora as opções mais simples capturem imagens como arquivos de imagem simples, as soluções avançadas também contêm dados termográficos e leituras de temperatura, juntamente com tags GPS. Os dados termográficos podem ser inspecionados posteriormente com a ferramenta de análise térmica.

Eles podem ser aplicados para diversas finalidades, como prevenção de incêndios, busca de pessoas ou animais, detecção de fontes de calor para alertas (indústria). Para escolher o sensor termal mais adequado deve-se ter em mente a temperatura do objeto que se deseja detectar e se o sensor a ser adquirido consegue distinguir a faixa esperada.

O sensor LiDAR, um acrônimo para Light Detection and Ranging, é uma tecnologia que tem revolucionado o mundo da geografia e topografia. Através de um sistema óptico de detecção remota, o sensor LiDAR emite pulsos de luz laser direcionados ao solo e mede o tempo que cada pulso leva para ser refletido de volta ao sensor. Com base nesses dados coletados, é possível criar representações tridimensionais extremamente precisas do terreno mapeado.

O uso do LiDAR também se torna ainda mais vantajoso no caso de áreas com vegetação densa, já que os seus raios conseguem penetrar por entre folhas, galhos e troncos e coletar informações do solo sem dificuldades. Esses dados são muito difíceis ou impossíveis de coletar quando de trata de métodos mais tradicionais.

Já a aerofotogrametria é uma tecnologia mais democrática e acessível, afinal, ela se adapta a projetos das mais diversas áreas e de diferentes complexidades. Além disso, com ela é possível gerar Ortomosaicos, que são fundamentais para gerar informações visuais atualizadas e precisas.

Por outro lado, o sensor LiDAR é mais eficiente em ambientes fechados ou com vegetação densa, graças à sua capacidade de captar informações tridimensionais com alta resolução. Além disso, os dados coletados pelo LiDAR podem ser processados rapidamente e com grande precisão. Porém tem custos maiores de equipamento e necessidade de equipe e softwares mais especializados para tratamento.

Existem inúmeros sensores do tipo no mercado assim, primeiro define-se o sensor que será utilizado e em seguida o equipamento que consegue transportá-lo. Devido a peso e encaixe cada sensor teria um equipamento específico para sua operação. A não ser que você consiga fazer adaptações, mas o primordial é pensar na segurança logo adaptações devem ser consideradas com cuidado.

- **Altitude**

Quando falamos de altitude temos que considerar 2 fatores principais: Legislação e GSD. Legislação porque temos que pensar primeiramente qual altura precisamos para determinado projeto e se nessa altura podemos voar ou precisaria autorização específica para tal.

Já o GSD que é o Ground Sample Distance vai definir qual a altura será necessária para se obter determinada resolução espacial desejada ao projeto. Cada equipamento possui uma característica de sensor e a resolução final desejada influência também na escolha do equipamento.

A escala de uma foto está ligada diretamente a distância focal (f) e a altura de voo (H'), assim pode-se utilizar a fórmula $1/E = f / H'$ para calcular a escala, sendo a distância focal dada em milímetros e a altura de voo em metros.

A importância da focal (f) é no momento de escolher o equipamento. Quanto maior a focal, maior poderá ser a altura de voo para o mesmo GSD. Na tabela abaixo temos a distância focal e GSD de alguns equipamentos da DJI. Todos com o valor de altura definido como o teto de voo no Brasil os 120m.

Modelo	Distância Focal	GSD (cm/pix)
Mavic Pro	4,73	3,88
Mavic 2 Pro	10,26	2,82
Mavic 3E	12,3	3,23
Air 2s	8,38	3,62
Mavic 2 Pro	10,26	3,03
Phantom 3 (Std/ADV/Pro)	3,61	5,08
Phantom 4 Std	3,61	5,08
Phantom 4 (Adv/Pro)	8,8	3,31

Tabela 23 GSD equipamentos DJI

O GSD é muito importante para a aerofotogrametria, considera-se que as precisões de escala de mapeamento em planimetria e altimetria são de 1,5 a 3 vezes o GSD. Sendo o **erro máximo planimétrico de 1,5 vezes o GSD e o altimétrico de 3 vezes o GSD**. Ou seja, ao processar os dados do aerolevantamento erros

inferiores a esses resultados indicam que o projeto está adequado em termos de qualidade de processamento esperada de levantamento com drones.

- **Sobreposição**

Se o objetivo da cobertura é o mapeamento da região, as linhas de vôo são planejadas com um espaçamento lateral tal que se obtenha uma área comum entre as faixas em torno de 25%. Estas áreas comuns, resultantes da superposição entre faixas no sentido transversal à direção do vôo, são denominadas de Recobrimento Lateral ou Transversal (sidelap).

Cada fotografia tomada ao longo de uma linha de vôo cobre uma área que se superpõe à área coberta pela fotografia anterior em aproximadamente 60%. Esta superposição entre áreas fotografadas consecutivamente é denominada de Recobrimento Longitudinal (over lap).

No caso de uma cobertura aerofotogramétrica cuja finalidade é a obtenção de ortofotos, a taxa de recobrimento longitudinal é de 80%. Os recobrimentos longitudinal e transversal têm como objetivo básico o estabelecimento de pontos fotogramétricos de apoio de posições comuns em duas fotos consecutivas para uso na interpretação.

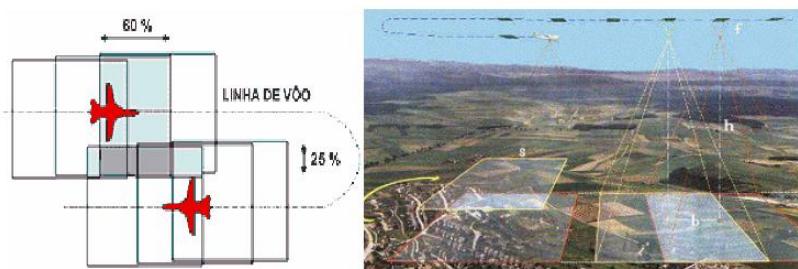


Figura 39 Recobrimento longitudinal e transversal às linhas de voo.

Sua utilização é importantíssima também para a seleção de fotos ou preenchimento de vazios no processamento aerofotogramétrico. Assim, a área imaginada possui no mínimo duas imagens de cobertura permitindo o descarte da pior imagem sem prejuízo ao projeto.

Em voos com melhoramento 3D as linhas de voo são cruzadas dobrando o caminho e obtenção de fotos para permitir diferentes ângulos de obtenção e um processamento com efeito 3D de melhor qualidade. Nesse tipo de voo a cobertura possui um maior quantitativo de imagens do mesmo ponto permitindo o preenchimento de vazios e o descarte sem prejuízo de imagens ruins, desfocadas ou arrastadas.

- **Pontos de Controle e Checagem**

Ao realizar mapeamentos com drones, é crucial estabelecer pontos de controle para garantir a precisão das medições. Embora os drones fotogramétricos geralmente incluam GPS integrado, sua precisão é limitada, similar à dos smartphones. Consequentemente, processamentos baseados apenas nesses GPS resultarão em produtos cartográficos com baixa acurácia.

Atualmente, existem drones equipados com sistemas GPS mais sofisticados (RTK/PPK), que prometem maior precisão sem necessidade de pontos de controle. Mesmo assim, recomenda-se o uso de alguns pontos de controle como ferramenta de validação da qualidade dos produtos gerados, sejam ortofotos ou modelos digitais de terreno.

Existem dois tipos de pontos de controle o alvo natural e o alvo artificial. O alvo natural consiste em determinar na área a ser imageada pontos de referência como esquina de meio fio, poste ou qualquer outro objeto de fácil identificação na escala de trabalho a ser realizado. Já o alvo artificial consiste em um alvo produzido que será espalhado no terreno e seu centro será a referência de amarração das coordenadas.



Figura 40 Exemplo de alvo natural.



Figura 41 Exemplo de alvo artificial.

Pontos de controle estabelecem relação precisa entre as imagens e o terreno e garantem que a correção da acurácia seja feita de forma homogênea no processamento de imagens já os pontos de checagem são utilizados para verificar a acurácia do projeto, ou seja irão checar as coordenadas obtidas no processamento e as coletadas em campo e calcular a diferença entre elas, que será o erro posicional do seu projeto.

Para densificação são escolhidos nas áreas de Recobrimento Lateral e Longitudinal das fotos. Os chamados pontos de ligação entre modelos (pontos de passagem) são escolhidos na linha central da foto dentro da zona de superposição longitudinal. Os pontos de ligação entre as faixas (pontos de enlace) são escolhidos nas zonas de superposição lateral em locais das fotografias.

Não existe uma fórmula pronta que defina a colocação correta dos marcadores no solo e que garanta a captação perfeita do terreno levantado. Mas, no entanto, algumas técnicas favorecem uma captação correta do solo, abaixo uma lista de melhores locais para se colocar os pontos:

- Locais com grande variação de altitude;
- Na sobreposição transversal;

- Na sobreposição longitudinal;
- Nas extremidades da área total imageada
- Ao centro da área total imageada
- Distribuição homogênea no terreno
-



Figura 42 Exemplo de distribuição de pontos de checagem e controle no terreno.

O número ideal de pontos de controle em um levantamento varia conforme as características específicas do projeto. O foco deve estar na distribuição equilibrada desses pontos pelo terreno, garantindo uma cobertura adequada para um mapeamento preciso.

Para áreas de até 200 hectares, sugere-se utilizar entre 5 e 20 pontos de controle como referência mínima. Contudo, esse número pode necessitar ajustes dependendo de diversos fatores, como:

- Complexidade topográfica
- Dimensão da área
- Precisão necessária
- Variações de altitude
- Finalidade do levantamento

Para o caso de aerolevantamento para o georreferenciamento de imóveis rurais deve ser seguido o Manual Técnico de Georreferenciamento do Incra. Segundo o INCRA o posicionamento com dados obtidos por aerofotogrametria deverá ser realizada a avaliação da acurácia posicional absoluta, obedecendo aos seguintes critérios:

- O Ground Sample Distance - GSD deverá ser compatível com a feição a ser identificada, devendo ser respeitada a precisão do tipo de limite a ser representado;
- Utilização de pontos de checagem/verificação, respeitando a proporcionalidade da área, geometria e relevo, objetivando atendimento ao Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos



Digitais (PEC/PCD), conforme Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) e Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais ET-ADGV, ambos da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército;

- A classe resultante do cálculo do PEC deverá estar adequada à precisão exigida para o tipo de limite que se deseja representar;
- Caso se utilizem pontos de controle, estes não deverão ser utilizados como pontos de checagem;
- Para os vértices cujas coordenadas forem determinadas por aerofotogrametria, os valores de precisão posicional serão os valores de Root Mean Square (RMS) obtidos no processo de avaliação da acurácia posicional

- **Drone Deploy**

O Drone Deploy é uma plataforma versátil para operações com drones, adequada tanto para voos re-creativos quanto para mapeamentos profissionais complexos, com foco especial no setor de aerolevantamento.

A plataforma integra recursos de automação para planejar e executar voos, além de processar dados na nuvem, simplificando todo o fluxo de trabalho desde a captura até o processamento das informações.

Um dos principais diferenciais do Drone Deploy é a simplicidade no planejamento e execução de voos automáticos. Com interface intuitiva, permite configurar missões de voo em poucos passos, garantindo operações precisas e seguras.

A ferramenta se destaca pela facilidade de uso, sendo acessível tanto para profissionais experientes quanto para iniciantes. Sua interface amigável facilita as operações em campo e no escritório.

O suporte ao aprendizado é fortalecido por uma comunidade ativa que disponibiliza diversos recursos educacionais online, como tutoriais, e-books e cursos completos, auxiliando novos usuários a dominarem a plataforma.

O software pode ser acessado na web (<https://www.dronedeploy.com/>) ou por aplicativo (). Ao acessar é necessário realizar um cadastro. Após o cadastro acesse seus projetos ou crie um novo projeto (). No mapa que se abre selecione o local onde será realizado o aerolevantamento e clique em “Crie o projeto aqui”. Ao criar o projeto é necessário definir o nome e o sistema de coordenadas do projeto.



Criar projeto

Nome do Projeto
Pôlo 1

Coordenar sistema
SIRGAS 2000 / UTM zone 23S
EPSG: 31983 / Meter

As definições do projeto podem ser atualizadas em qualquer altura

Continuar

Figura 43 Criação de projeto no Drone Deploy

Após devemos selecionar o tipo de operação que pode ser manual, padrão, fachada, corredor, panorama ou vídeo. Para aerolevantamento de áreas poligonais o mais adequado nesse software é o modo Padrão.

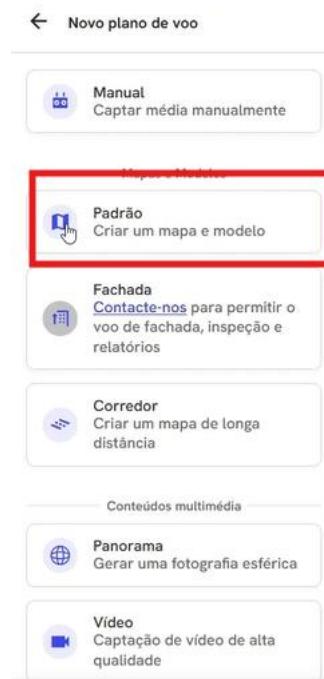


Figura 44 Tipo de operação no Drone Deploy

Ao selecionar o tipo Padrão o software abre uma quadricula de desenho sobre o mapa e movendo as extremidades podemos modelar a área para corresponder a área a ser mapeada. Ao definir a área mapeada os parâmetros de voo na janela a esquerda se alteram conforme se modela a área a ser mapeada e se muda as configurações do projeto.



Figura 45 Interface Drone Deploy

Ao se criar um projeto é importante ter em mente a altura máxima permitida de voo e a resolução desejada. O próprio software indica a quantidade de bateria para os parâmetros inseridos e realiza o voo da

área completa. No entanto, para evitar erros recomenda-se realizar um projeto para cada bateria garantindo entre os projetos um sidelap e overlap de pelo menos 10 metros.

Nas configurações básicas podemos definir os parâmetros de altitude, melhoramento 3D e Live map. Ao alterar o parâmetro de altitude os parâmetros de voo são alterados e é mostrado no ícone de altitude a resolução em cm/px do projeto (GSD).

A parte de melhoramento 3D ao ser acionada ativa um voo cruzado, assim melhora o resultado de processamentos 3D pois gera imagens com diferente visada, no entanto, implica em maior consumo de bateria pois o equipamento dobra seu trajeto. A parte de “live map” mostra a execução do voo online e só está ativa na versão paga.



Figura 46 Configurações avançadas do drone deploy.

Nas configurações avançadas podemos selecionar a aeronave, essa seleção muda os valores dos parâmetros de voo. Nessa área é importante manter ativo o item desvio de obstáculos para garantir que os sensores do equipamento estejam ligados e evitar colisões durante o voo. É importante ressaltar que o aerolevantamento nesses softwares indica a utilização de voo semiautônomo onde é possível retomar o controle do aparelho manualmente, mas prioritariamente o aparelho realiza o voo de forma automática.

Em definições automáticas se ativo o software já estabelece sobreposição dianteira de 75% e lateral de 60%. Caso haja necessidade de alterar essas configurações basta desativar essa opção que surge no painel campos para a determinação manual desses parâmetros e outros como angulação do voo, velocidade do voo, ponto de partida, ângulo do gimbal, perímetro 3d e padrão cruzado 3d.

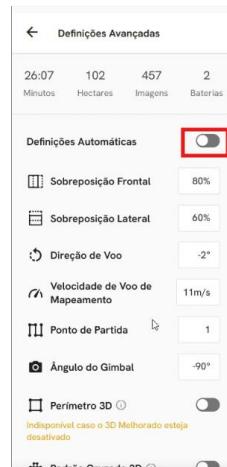




Figura 47 Configuração manual no drone deploy

Realizadas as configurações necessárias ao projeto basta abrir o aplicativo em campo acessar o projeto e clicar no ícone “Ligar drone”. O aparelho irá realizar o voo e retornar ao home point quando terminar o projeto.

O Drone deploy possui ferramenta web e aplicativo assim o plano de voo pode ser realizado anteriormente em escritório na web ou em campo pelo aplicativo. Todos os projetos ficam salvos na conta do usuário. O Drone deploy na versão paga ainda é capaz de realizar transmissões ao vivo e alguns processamentos.

- **Pix4D**

O Pix4D é uma solução tecnológica especializada em processar imagens provenientes de mapeamentos realizados por drones e dispositivos móveis. Esta ferramenta utiliza algoritmos modernos e métodos fotogramétricos avançados para criar produtos de alta precisão, como nuvens de pontos, modelos digitais de superfície e ortomosaicos detalhados, fundamentais para aplicações fotogramétricas.

A plataforma oferece um ecossistema completo que inclui não apenas o software, mas também uma variedade de ferramentas de captura de dados. Essa integração torna o Pix4D uma solução abrangente, atendendo diversos setores industriais que necessitam de dados e informações com elevado nível de detalhamento e acurácia, permitindo múltiplas aplicações e benefícios para seus usuários. Atualmente o Pix4D oferece pacotes de cartografia e modelagem 3D, solução em nuvem e Aplicativos de captura de dados.

Tipo	Aplicativo	Aplicação
Cartografia e modelagem	PIX4Dmapper	Software de fotogrametria para mapeamento profissional de drones
	PIX4Dengine	Capturando insights orientados por dados para os negócios
	PIX4Dfields	Mapeamento de campo e análise aérea de culturas para agricultura digital
	PIX4Dmatic	Orientado para fotogrametria em larga escala
	PIX4Dreact	Mapeamento Rápido 2D para Resposta a Emergências e Segurança Pública
Nuvem	PIX4Dcloud	Plataforma on-line para mapeamento de drones, rastreamento de atividades e documentação do site
	PIX4Dsurvey	O ponto de encontro entre fotogrametria e CAD
	PIX4Dinspect	Serve para automatizar a inspeção industrial e o gerenciamento de ativos com imagens de drones
Captura de dados	PIX4Dcapture	Aplicativo móvel para planejar, voar e obter imagens otimizadas para mapeamento profissional com drones
	PIX4Dcatch	Aplicação de captura terrestre 3D para soluções de fotogrametria
	PIX4Dscan	Aplicação de voo profissional de drone para inspeção ideal

Tabela 24 Aplicações Pix4D

O Pix4D apresenta diversas soluções para mapeamento com drones e suas soluções podem ser adquiridas de acordo com a demanda. Aqui iremos apresentar o aplicativo Pix4Dcapture na versão gratuita para uso de planejamento de voo.

Ao abrir o aplicativo é necessário cadastrar uma conta de usuário. Na tela de entrada fica disponível a visão do mapa (map view), novo plano (new plan) e a pasta de planos salvos (Plans). Bem como aparece o status de conexão com o aparelho e opção de seleção do drone. No pix4D Capture é possível trabalhar com a linha da DJI e a linha Parrot porém, apenas alguns equipamentos estão disponíveis na versão gratuita. Para criar um plano de voo basta clicar em “New plan”.

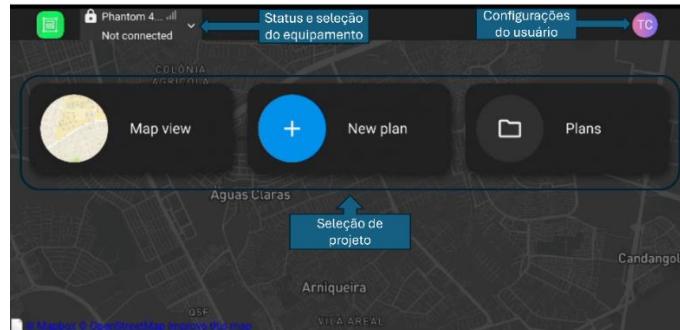


Figura 48 Tela inicial Pix4DCapture

Após a seleção de criação de um novo plano devemos selecionar o tipo de plano de voo a ser executado. As opções gratuitas disponíveis estão descritas na tabela abaixo:

Ícone	Nome	Função
	GRID	Grade única para mapas 2D e grade dupla para modelos 3D. Utilizado para aerolevantamento de áreas (polígono)
	Orbit	Para um modelo 3D único. Utilizado para geração de modelo 3D de um objeto

Tabela 25 Tipos de operação gratuitas Pix4DCapture

Para o trabalho de aerolevantamento com o intuito de geração de um ortomosaico a opção a ser escolhida é o GRID. Na janela seguinte já é apresentado na área de trabalho uma quadricula de desenho sobre o mapa e movendo as extremidades podemos modelar a área para corresponder a área a ser mapeada. Ao definir a área mapeada os parâmetros de voo na janela a esquerda se alteram conforme alterando as configurações do projeto.

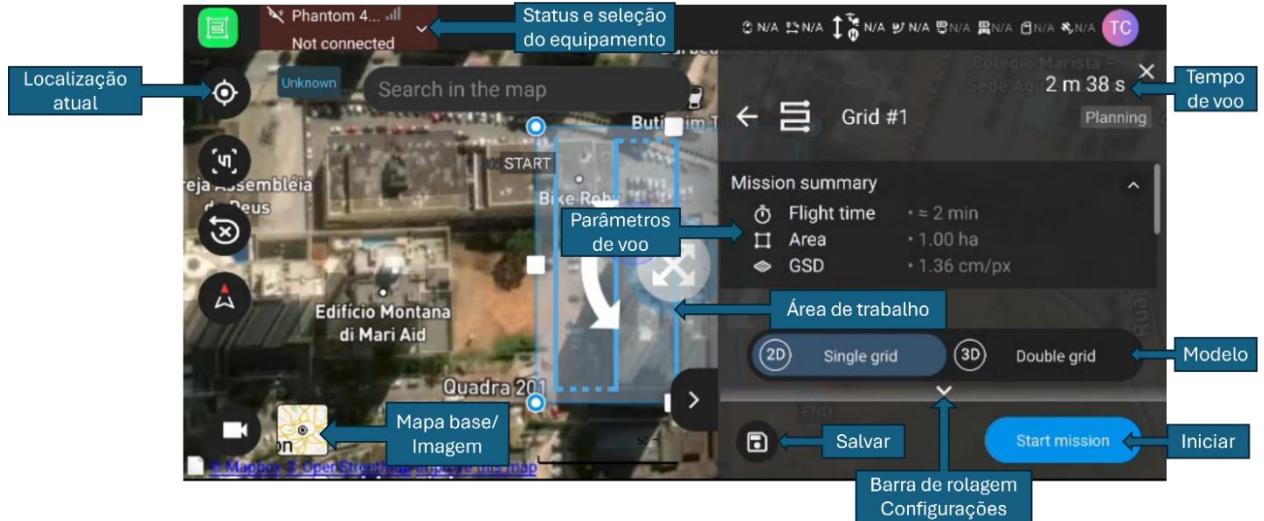


Figura 49 Interface Pix4DCapture

Na aba direita do Pix4DCapture fica exposto os parâmetros de voo e a medida que se altera as configurações de projeto ou de aeronave ele exibe o tempo de voo, área e GSD corrigidos. Nas configurações é possível determinar o modelo 2D ou 3D (voo cruzado), Terrain awareness, altura do voo (flight height), front overlap, side overlap, ângulo da câmera (Camera angle) e velocidade (Drone speed).

Ao se realizar todas as configurações desejadas basta clicar no ícone de salvar e quando for realizar o voo é só acessar o projeto desejado e clicar no ícone de iniciar (Start mission). O aplicativo irá realizar a checagem de conexão com o aparelho e iniciará o voo semiautônomo retornando ao homepoint quando finalizado.

- **3DsueyPilot**

O 3DsueyPilot é um aplicativo de fotogrametria para o processamento de imagens capturadas por drone para gerar resultados altamente precisos, métricos e georreferenciados. Trata-se de um aplicativo de plano de voo que abrange várias opções de drone compatíveis e de tipos de planos de voo.

Após o cadastro já em sua tela inicial tem-se os métodos de planejamento disponíveis, configurações gerais, acesso a projetos anteriores e uma opção para importação de KML.

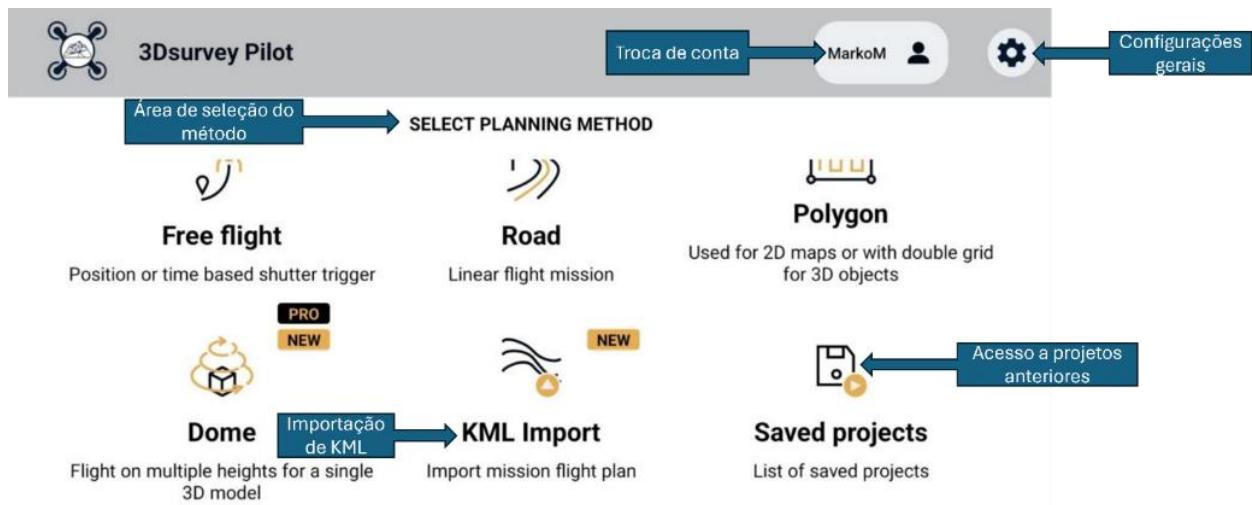


Figura 50 Tela inicial 3DsurveyPilot

Método	Função
Grid	Grade única ou Grade dupla para mapeamento de áreas (retangulares). A maneira mais rápida para o planejamento de rotas com configurações simples.
Polygon	Mapeamento de áreas avançadas / irregulares - formas de área adicionais e configurações avançadas.
Road	Desenvolvido especificamente para mapeamento rodoviário, ferroviário e de corredor simples e eficaz.
Circle	Missão circular para mapeamento de objetos - sempre voltado para o seu ponto de interesse para a reconstrução do modelo de objeto 3D.
UrbanScan	Melhor missão para o modelo 3D de grande área urbana.
Free flight	Voo livre, acionamento de obturador baseado em posição ou tempo.
Dome	Voo em múltiplas alturas para um único objeto 3D.

Tabela 26 Métodos de operação 3DsurveyPilot

Para aerofotogrametria de áreas irregulares sugere-se a utilização do método Polygon. Ao clicar no método abre-se uma janela para definir a localização do projeto. Ao selecionar o local já é apresentado na área de trabalho uma quadricula de desenho sobre o mapa e movendo as extremidades podemos modelar a área para corresponder a área a ser mapeada. Ao definir a área mapeada os parâmetros de voo (distância, área, tempo, quantidade de fotos, GSD e dimensões do objeto) são exibidos em uma janela no canto inferior direito da interface do aplicativo.



Figura 51 Interface 3DsurveyPilot

Na interface do 3DsurveyPilot tem-se ainda uma bússola de direção de linhas de voo e sua movimentação implica na alteração do ângulo das linhas de voo no desenho. Em configurações de voo temos a possibilidade de mudar o ângulo das linhas de voo (path angle), Front Overlap, Side Overlap, velocidade (Max Speed), ângulo da câmera (Camera Angle), altitude (Flying height), tipo de grade 2d ou 3d (Grid Type), acionamento de câmera (Trigger Camera), modo do caminho de voo (Flight Path Mode) e o modo de obtenção de fotos (Shoot Photo Mode).



Figura 52 Configurações de voo no 3DsurveyPilot

Ao se realizar todas as configurações desejadas basta clicar no ícone de salvar e quando for realizar o voo é só acessar o projeto desejado e clicar no ícone de iniciar o voo. O aplicativo irá realizar a checagem de conexão com o aparelho e iniciará o voo semiautônomo retornando ao homepoint quando finalizado.

9. Agisoft Metashape (v 2.1.1)

O Metashape assim como o Pix4D são os softwares mais utilizados para aerofotogrametria atualmente. Ambos possuem versões demonstrativas e versões pagas para obtenção de maiores funcionalidades. Outros softwares de processamentos foram elencados no capítulo 5 inclusive com algumas opções gratuitas e open source.

O metashape foi escolhido por ser um dos softwares com melhores resultados de processamento para trabalhos com modelos digitais de terrenos, outros softwares são mais conceituados para modelagem 3D de objetos. A escolha do software pode variar de acordo com o algoritmo utilizado e o objeto de estudo. Vale ressaltar também que a depender das ferramentas disponíveis no ambiente de trabalho seja mais conveniente a utilização do software da fabricante do equipamento (exemplo – DJI Terra) ou do ambiente de infraestrutura de dados utilizado (exemplo – Drone2map da ESRI).

O Agisoft Metashape Professional é um programa de processamento de imagens. Aqui apresentaremos um passo a passo de como efetuar a calibração da câmera e os processamentos existentes no fluxo de trabalho do software bem como executar relatórios e medidas a partir dos resultados obtidos.

Apresentamos na abaixo o fluxo de trabalho no Metashape para obtenção de ortomosaico Convencional e Verdadeiro.

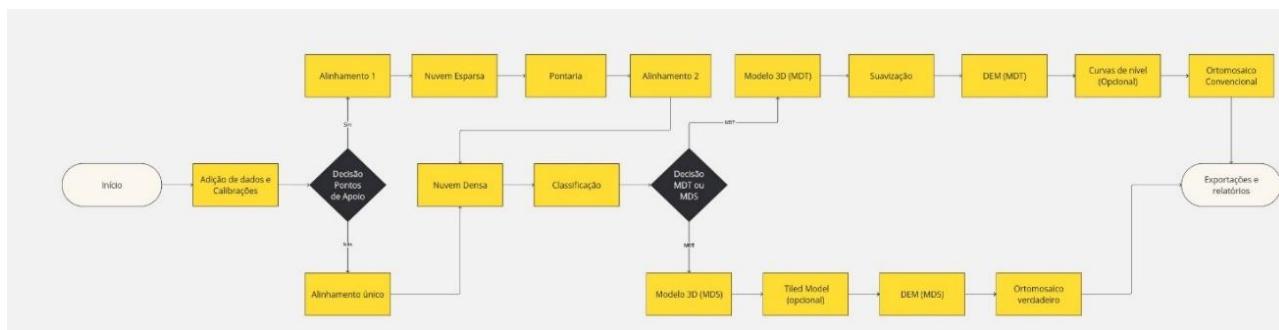


Figura 53 Fluxo para geração de ortomosaico

- MDS: Ortofotomosaico real ou verdadeiro. Objetos acima do nível do terreno estarão em vista ortogonal, tamanho ajustado ao MDS (tamanho real) e sem ocultação de objetos independente do ângulo de visão do centro de projeção. Ocorre distorções dos objetos (não é possível corrigir todas as distorções).
- MDT: Ortofotomosaico clássico ou convencional. Objetos acima do nível do terreno poderão ter vista perspectiva, variação de tamanho e ocultação de objetos, dependendo do ângulo de visão do centro de projeção, ou seja, objetos representados inclinados. Ocorre linhas de corte (que devem ser editadas).

No fluxo apresentado já são obtidos outros produtos como MDT, MDS, nuvem de pontos e Tiled Model. É também apresentado aqui medições e obtenção de curva de nível que são produtos derivados dos produtos obtidos de MDS e MDT.

Será apresentado também a realização de calibração de câmera e configurações iniciais que não se apresentam no fluxo por se tratar de um processo que pode ser feito uma única vez com o equipamento e a máquina respectivamente.

O conteúdo desse material apresenta a utilização de todos os processamentos existentes no fluxo de trabalho do Metashape, assim será apresentada uma sequencia de tópicos de vários processamentos e a figura 38 apresenta a ordem esquemática dos processamentos para obtenção do ortomosaico verdadeiro e convencional norteando as etapas e sequencia necessárias no conteúdo para obte-los.

Para melhor entendimento do conteúdo e localização das ferramentas apresentamos na figura 39 a visualização geral (interface) do Metashape que apresenta a seguinte distribuição:

- Comandos de menu;
- Barra de ferramentas;
- Painel da área de trabalho (Model/Ortho);
- Área de trabalho/referência;
- Painel de fotos/controle/tarefas.
-

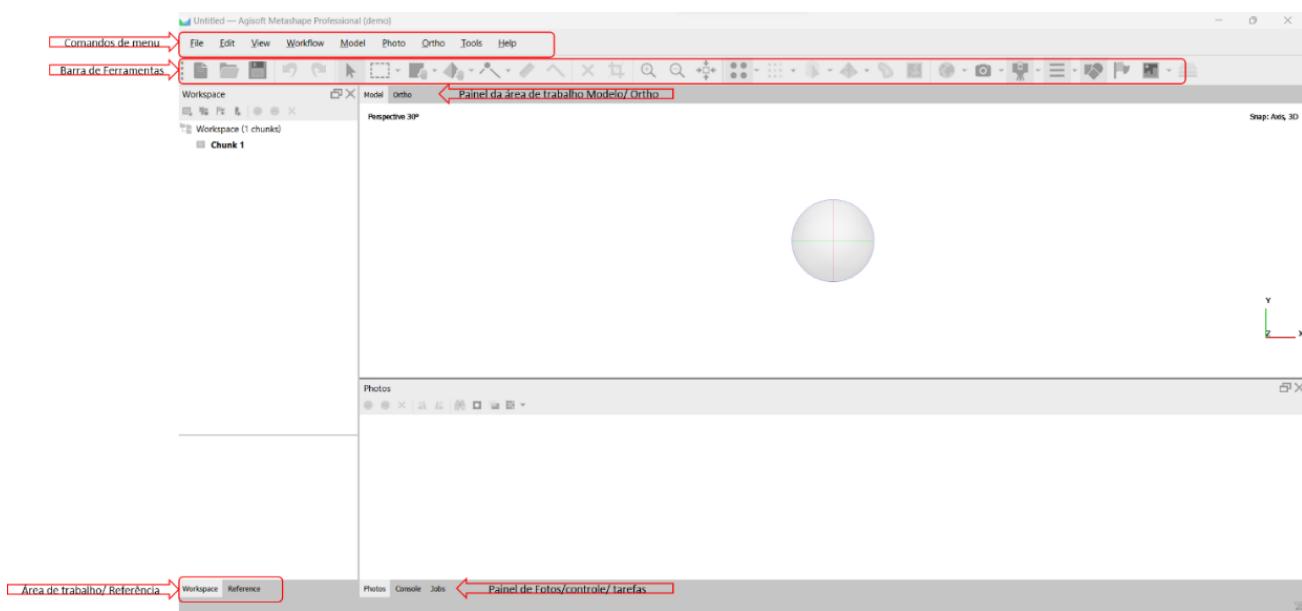


Figura 54 Interface Metashape

- **Calibração de câmera**

Para maior precisão nos processamentos de aerolevantamento é necessário informar ao software as distorções existentes nas câmeras utilizadas para que o mesmo corrija tais distorções no processamento das imagens. Cada lente possui uma distorção específica e para saber onde ocorre tal distorção utilizamos algumas ferramentas.

As distorções das lentes podem ser modeladas matematicamente para correção no processamento das fotografias do aerolevantamento. Na prática para obter melhores resultados é necessário testar o equipamento com a captura de varias imagens, variação dos ângulos, variação do foco etc. todas essas configurações devem ser anotadas e transferidas ao programa escolhido para que no processamento seja consideradas as variáveis. Alguns equipamentos possuem auto-calibração, mesmo assim é recomendável realizar a calibração com alvo ao menos 1 vez no aparelho para verificar melhor a adequação do mesmo junto aos softwares de processamento.

A calibração com alvo consiste na obtenção de fotos em diversos ângulos onde o alvo é um tabuleiro de xadrez. A partir das fotos obtidas o software identifica as distorções da lente e utiliza esse parâmetro no processamento das imagens obtidas.



Uma vez feita a correção daquela lente o arquivo gerado poderá ser utilizado para aquele aparelho sob mesmas condições. Ou seja, para cada aparelho esse procedimento deve ser feito uma vez e o arquivo gerado poderá ser utilizado em todos os processamentos do aparelho desde que as configurações de calibragem e de voo sejam mantidas.

O tabuleiro de xadrez já está disponível no Metashape basta acessar no menu de comandos superior a opção “Tools/Camera>Show Chessboard”. Assim como demonstrado na figura abaixo:

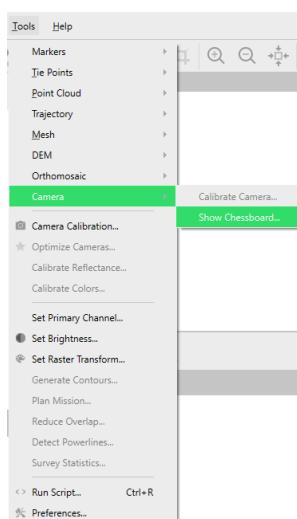


Figura 55 Tabuleiro de xadrez

Ao clicar a tela ficará quadriculada, configure o equipamento como será utilizado em campo e retire a opção de autofocus. Com o equipamento obtenha fotos desta imagem quadriculada por cima, por baixo, no centro e nas laterais. É importante que as imagens obtidas representem ao máximo a área quadriculada, evitando-se bordas.

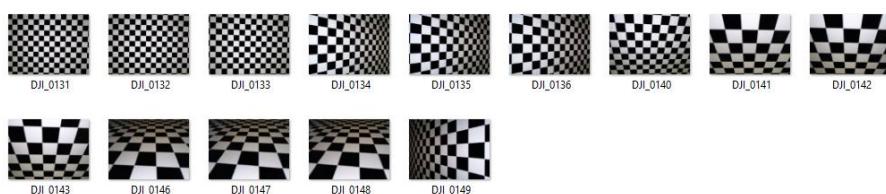


Figura 56 Exemplos de imagens obtidas do tabuleiro de xadrez

Após esse procedimento retorne o programa a tela principal (basta clicar na tela) e adicione as fotos obtidas clicando no ícone add photos disponível no workspace. Acesse o local das fotos selecione as fotos obtidas do tabuleiro de xadrez. Ao adicionar as fotos elas aparecem na em “chunk” na área de trabalho.

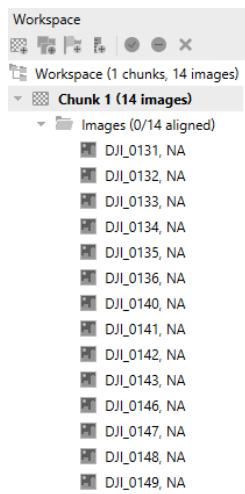


Figura 57 Disposição de imagens na área de trabalho (workspace)

Acesse em seguida a opção na calibração de câmera disponível no menu de comandos em Tools/Camera/Calibrate Camera conforme figura abaixo:

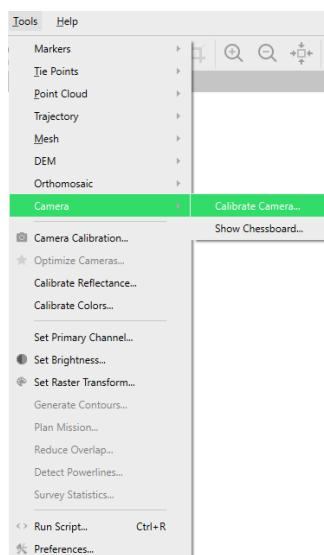


Figura 58 Acesso a ferramenta de calibração

Na janela que se abre marque todas as opções disponíveis e clique em Ok. Após essa operação será exibida uma barra de progresso da calibração. Tratam-se de parâmetros de distorção que se deseja calcular.

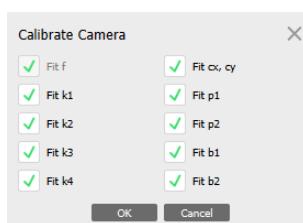


Figura 59 Parâmetros de calibração

Os resultados dessa calibração serão exibidos na área de configuração da câmera. Para acessar basta ir na ferramenta de calibração de câmera no Metashape clicando em “Tools/Camera Calibration” conforme figura abaixo.

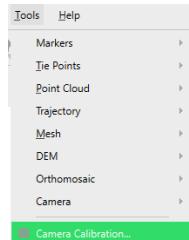


Figura 60 Acesso a calibração de câmera

Uma vez realizado o procedimento de calibração os resultados das distorções de cada parâmetro são exibidos na área “adjusted” desta janela.

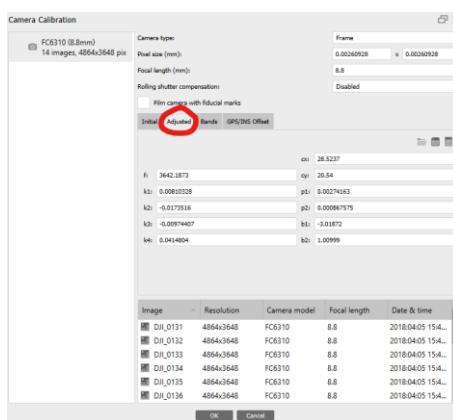


Figura 61 Resultados da calibração de câmera

Uma vez realizada a calibração é possível conferir as distorções calculadas nas imagens obtidas clicando nas imagens junto a área de trabalho. Os pontos vermelho e azul são utilizados na calibração, é importante que cada ponto tenha cor diferente como seus vizinhos mais próximos.

Como dito anteriormente esse procedimento só precisa ser realizado uma vez e aproveitado nos trabalhos que utilizem mesmos parâmetros de obtenção de foto e mesma câmera. Neste sentido basta salvar os parâmetros de correção calculados na ferramenta Tools/Camera Calibration clicando no ícone “save” (destacado em amarelo na figura abaixo).

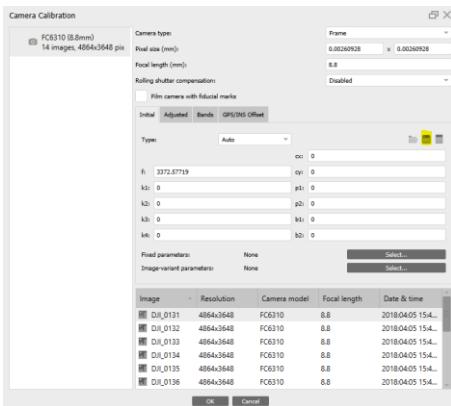


Figura 62 Salvar da calibração de câmera

Assim, sempre que acessar um projeto novo e precisar dessas configurações basta acessar o menu “Tools/Camera Calibration” e abrir a calibração salva no ícone “load” (destacado em amarelo na figura abaixo).

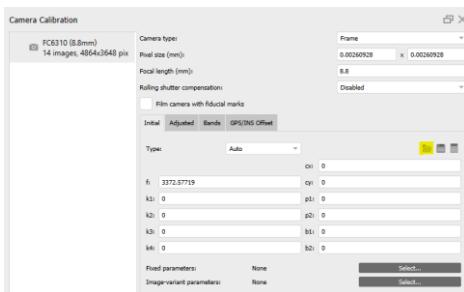


Figura 63 Abrir calibração de câmera

Ainda na aba de calibração de câmera para proteger os dados de serem redefinidos durante o processo de alinhamento das fotos selecione em “fixed parameters” todos os itens que se deseja que a calibração seja mantida.

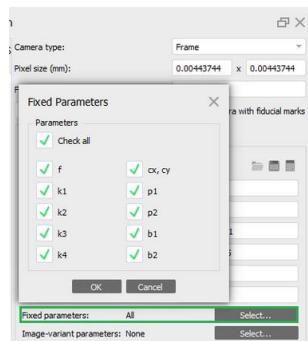


Figura 64 Fixar calibração de câmera

Para melhores resultados sugere-se o processamento sem fixar os parâmetros permitindo que o programa execute correções automáticas nas imagens. Em seguida sugere-se o processamento utilizando a correção e a comparação de ambos os resultados para avaliar os erros e a melhor metodologia em cada caso.

- **Configurações Iniciais**

Para configurações iniciais da área de trabalho e processamento ir em “Tools/Preferences”. Em General tem-se a configuração do sistema para o trabalho podendo selecionar o idioma, a vista principal que será exibida, a estereoscopia a ser utilizada e o tipo de medição de latitude e longitude. Para as etapas seguintes será exibida a área de trabalho em português e no tema “Classic” que podem ser trocados nesta etapa.

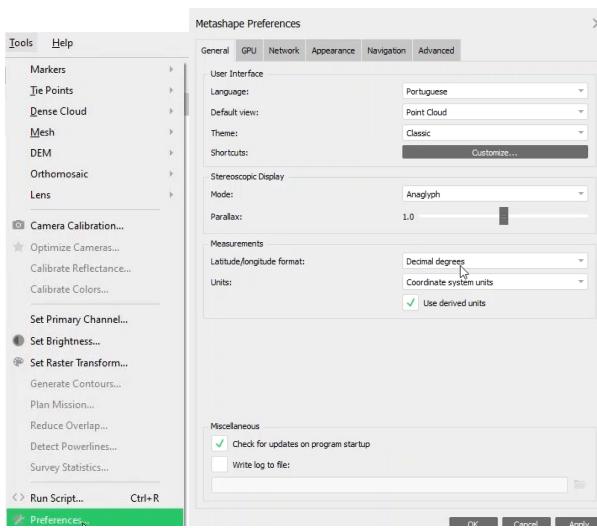


Figura 65 Configurações da área de trabalho

É importante para o processamento identificar o melhor uso da máquina. Assim, em GPU habilitar sempre a melhor placa de vídeo disponível na máquina e desabilitar a performance da CPU.



Figura 66 Configuração da GPU

- **Adicionando imagens**

O primeiro passo é adicionar as fotos obtidas, é sempre bom lembrar de retirar as fotos que não condizem com o aerolevantamento. Por exemplo, alguns programas tiram foto do home point, a mesma deve ser

descartada para não implicar erro de alinhamento das imagens. Para adicionar as fotos clique em fluxo de trabalho/adicionar fotos no menu de comandos ou clique no ícone adicionar fotos- ou uma pasta inteira em “add folder -

Selecione todas as fotos do plano de voo e adicione ao projeto. Após adicionar as fotos ao projeto verifique se houve alguma que não corresponde a área a ser representada. Se houver exclua clicando com o botão direito em cima dela marcando a opção “remove images”.

Ao adicionar as fotos aparecem abaixo da área de trabalho e para visualizar a localização das fotos no modelo basta clicar no ícone de foto (na barra de tarefas.

Caso precise confirmar a localização basta clicar no ícone de mapa base (na barra de tarefas. Esse item abre um mapa base do google, utilize apenas para verificar se a área está no local correto pois ele pode demandar mais da máquina para o processamento.

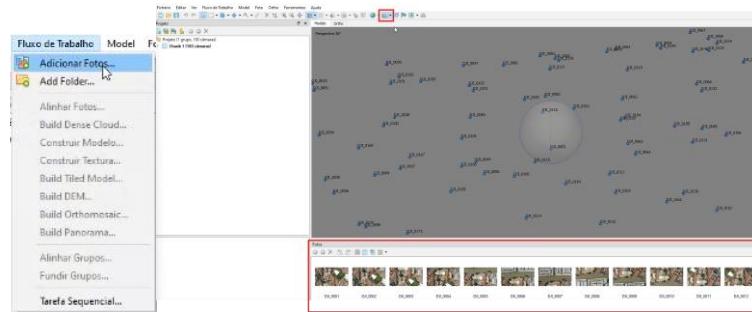


Figura 67 Adicionar fotos

- **Estimar qualidade das imagens**

Para verificar se as fotos estão adequadas ao trabalho estimamos a qualidade da imagem. Para isso basta clicar com o botão direito em uma das imagens no painel de fotos e acionar a opção “Estimate image quality”. Na janela que se abre selecionar “All cameras” para que a estimativa seja aplicada em todas as fotos.

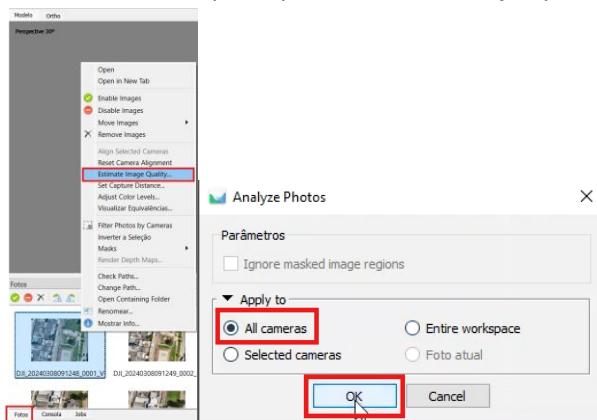


Figura 68 Adicionar fotos

Realizar a análise de qualidade das fotos e retirar as imagens ruins do trabalho (qualidade inferior a

0,7%). Quanto mais próximo de 1 melhor e quanto mais próximo de 0 pior. Para visualizar a análise clicar em detalhes () na área de trabalho das fotos. Será exibida a coluna qualidade, assim é possível verificar a imagem com qualidade inferior e excluir. Para excluir clique na imagem e em seguida no ícone de excluir ().

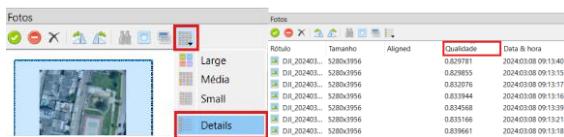


Figura 69 Qualidade das imagens

Caso a sobreposição de imagens seja superior a 50% no voo (sidelap e overlap) a retirada da mesma não irá influenciar o resultado final. Deve-se verificar se não foram retiradas 2 imagens da mesma área para não apresentar vazios na análise. Nesse caso opte por manter a de melhor qualidade entre as duas. Índices abaixo de 0,7 podem apresentar arrastamento, verifique a qualidade da imagem clicando na mesma.

- **Converter SGR**

Observe que as imagens são adicionadas em lat long. Isso porque o software e o drone capturam as imagens em wgs 84 e lat long. Para trabalharmos com o sistema utilizado no Brasil é necessário fazer a conversão. Para isso precisamos trocar a aba da área de trabalho (workspace) para a área de referência (reference). Na aba de referência clique no ícone “convert reference”, a janela de conversão do sistema de referência irá abrir. Nesta janela escolha o mesmo sistema utilizado no voo em “Coordinate System” e o padrão utilizado de angulação no voo em “Rotation Angles”.

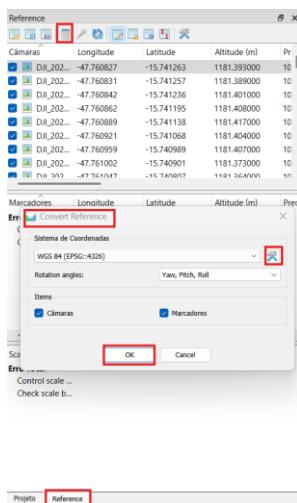


Figura 70 Convert Reference

A aba convert reference irá aparecer, selecione o Sistema Geodésico de referência desejado e clique em OK. Para verificar se foi feita a conversão observe as coordenadas das fotos se estão no sistema desejado.

Caso já possua um arquivo de calibração de câmera acesse o menu Tools/Camera Calibration e abrir a calibração salva no ícone “load”. Caso deseje fixar os parâmetros de correção da câmera antes do alinhamento efetue a marcação dos parâmetros que se deseja fixar.

- **Configurações do projeto**

Essa etapa visa definir a configuração do projeto em si, a precisão das informações que serão inseridas. Nesta etapa deve-se configurar a acurácia dos dados obtidos. Para acessar basta ir ao ícone de

“configuração” () disponível na aba “References”. Abre-se a janela “reference settings” onde sugere-se os seguintes parâmetros de configuração:

- Em Acurácia da câmera (m) pode se manter em 10 metros (precisão posicional das fotos);
- Em Acurácia da câmera (deg) - 2 graus pois a variação do gimbal é muito baixa;
- Em Marker Accuracy (m) depende da técnica de coleta de pontos realizada. Para RTK, por exemplo, sugere-se verificar na coletora o valor de precisão e inserir a pior precisão estimada na coleta;
- Marker Accuracy (pix): Acurácia dos marcadores. Valor padrão 0.5 é adequado;
- Tie point Accuracy (Pix): qualidade da projeção da nuvem de pontos em pixels. Valor padrão 1 é adequado;
- Capture distance (m): Altura de voo. Informar a altitude média do terreno (média de altitude dos pontos de apoio).
-

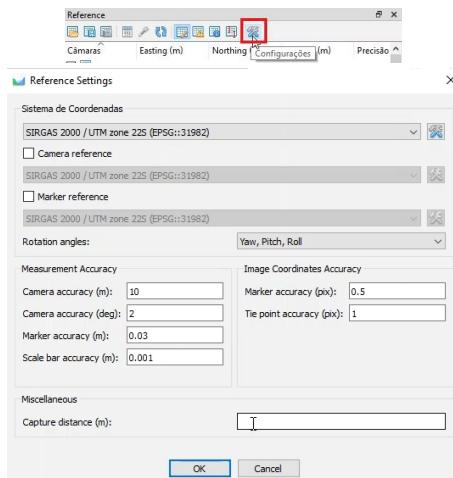


Figura 71 Reference Settings

- **Importar máscaras**

Esta etapa auxilia o processamento das fotos evitando que o software busque pontos homólogos em regiões muito homogêneas. Evitando problemas relacionados a projeção dos pontos. Para acessar basta clicar com o botão direito em uma das fotos e acessar a opção “masks/importar máscaras”. Na janela que se abre (Import Masks) apenas marcar a opção de “All images” para que o processamento seja executado em todas as fotos.

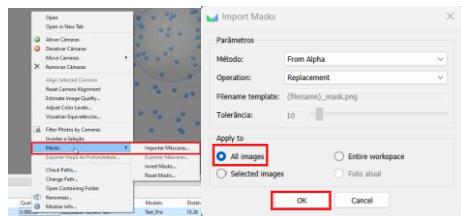


Figura 72 Import Masks

- **Alinhamento**

Para iniciar o processo é necessário alinhar as fotos (fluxo de trabalho/align photos). O programa vai realizar um alinhamento das fotos com base na sua ordem e localização e tomará alguns pontos de referência automaticamente nas imagens para corrigir o posicionamento de cada imagem formando assim um mosaico prévio. Lembre-se que esse alinhamento é feito automaticamente pelo software sem a utilização de pontos de controle, para maior precisão é necessário adicionar pontos de controle e realinhar (alinhamento 2) as fotos com bases nesses pontos.

Na janela que se abrirá é possível selecionar a acurácia e a fonte. O primeiro alinhamento tem o objetivo de fazer a primeira referência do terreno. O segundo alinhamento (após pontos de controle) ou alinhamento único (sem pontos de controle) possuem parâmetros definitivos do processamento. Abaixo, os parâmetros sugeridos para o **primeiro alinhamento**.

- Precisão: Para o primeiro alinhamento, a precisão pode ser baixa. O tipo de alinhamento selecionado pode ser estimado pois utiliza a referência da obtenção das fotos;
- Avançado: Para drones DJI vários estes realizados o key point ideal é 20 e o tie point 5;
- Marcar a opção “adaptative câmera model fitting” para identificar os parâmetros de distorção que a câmera possui e corrigir as imagens (calibração da câmera);

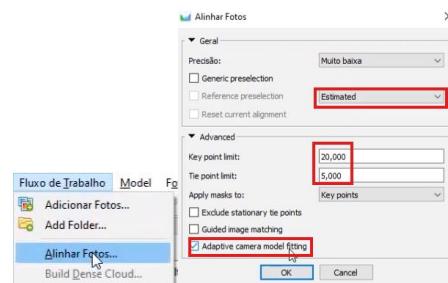


Figura 73 Primeiro Alinhamento

Após a realização de cada alinhamento recomenda-se a etapa “Otimizar fotos”. Após processamento do alinhamento de fotos, no painel da área de trabalho na aba “Model”, será visualizada uma nuvem de pontos primária esparsa (Nuvem esparsa). Com essa nuvem de pontos primária já é possível gerar a nuvem de pontos densa. A nuvem de pontos apresentada já é suficiente para os produtos seguintes, no entanto é possível criar uma nuvem de pontos densa para melhorar os resultados.

Os equipamentos com GNSS já possuem melhor acurácia e a nuvem densa já permite um detalhamento do terreno e geração de modelos digitais, no entanto, quando se trata de georreferenciamento de imóveis

rurais para fins de acertamento de matrículas alguns pontos de apoio ou marcos devem ser utilizados. Nesse sentido eles podem ser utilizados no processamento.

Caso haja pontos de controle é necessário a utilização dos mesmos para melhorar a acurácia do alinhamento (Pontaria). Existem várias formas de se obter pontos de controle, uma delas é utilizar placas refletivas em campo e obter os dados dessas placas como X, Y e Z outra forma é usar uma referência existente. Um exemplo de referência existente é utilizar uma imagem já ortoretificada marcando pontos de controle na mesma com dados de X, Y, Z. Em ambos os casos você deve gerar um arquivo de pontos ou um TXT ou CSV contendo as colunas X, Y, Z respectivamente.

O **segundo alinhamento** é realizado **após a etapa de pontaria** no caso de existir pontos de apoio. No caso de não existir pontos de apoio é executado o **alinhamento único**. O segundo alinhamento e o alinhamento único trata-se de alinhamentos definitivos e sugere-se nessas fases a utilização de melhor qualidade de processamento. Assim, em “fluxo de trabalho/alinhar fotos” na janela que se abrirá definir os parâmetros desejados:

- Acurácia desejada. Recomenda-se desmarcar a opção generic preselection, pois a mesma seleciona aleatoriamente o alinhamento;
- É possível definir ainda a acurácia pretendida, a opção “elevada” é a mais ideal nessa etapa e busca maior qualidade de processamento e demanda tempo de processamento;
- É possível também escolher a fonte dos dados, no caso de utilização de RTK (**segundo alinhamento**) recomenda-se a utilização dos dados das fotos obtidas (source);
- Nas opções avançadas o “tie point limit” indica o limite superior de pontos correspondentes a cada imagem. Usar o valor zero não se aplica qualquer filtragem de ponto de ligação. Para drones DJI vários testes realizados o tie point 5 mostrou-se mais ajustado;
- A opção “key point limit” indica o limite superior de pontos característicos em cada imagem a serem levados em consideração durante o estágio atual de processamento. Usar o valor zero permite que o Metashape encontre tantos pontos-chave quanto possível, mas pode resultar em um grande número de pontos menos confiáveis. Sendo assim, a alteração desses parâmetros determina a acurácia e consequentemente o tempo de processamento. Para drones DJI vários testes realizados o key point ideal é 20;
- Marcar a opção “adaptative câmera model fitting” para identificar os parâmetros de distorção que a câmera possui e corrigir as imagens (calibração da câmera).

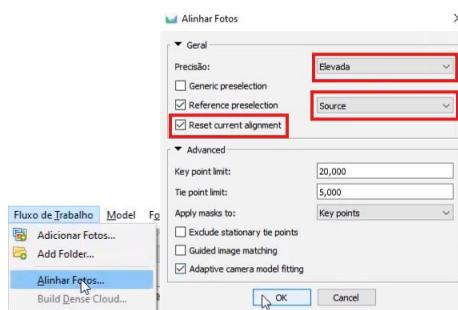


Figura 74 Alinhamento único ou segundo alinhamento

Após a realização de cada alinhamento recomenda-se a etapa “Otimizar fotos”.



- **Otimizar fotos**

Com todos os marcadores ajustados vá ao painel Referência e clique no botão optimize cameras (💡) na Aba de Referência. A caixa de diálogo “Optimize Camera Alignment” irá aparecer. As opções marcadas na caixa já estão pré-configuradas de acordo com o arquivo xml importado na etapa de calibração da câmera. Acione nas opções avançadas da janela “Fit additional corrections” e Clique em OK. Essa opção irá realizar um reajuste do alinhamento das fotos de acordo com os pontos de referência.

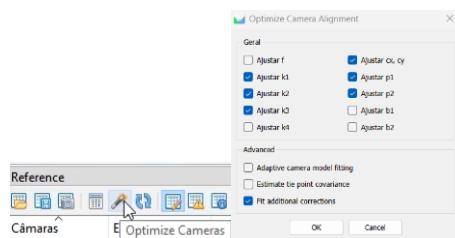


Figura 75 Optimize Camera Alignment

- **Pontos de Controle (Pontaria)**

Em seguida para obter os pontos de controle clique Importar botão na aba de Referência e selecione o arquivo TXT ou CSV com os pontos de controle. A maneira mais fácil é carregar o ficheiro simples separados por caracteres (* txt, * CSV) que contém X e Y coordenadas e altura para cada ponto de controle.

Na caixa de diálogo “Importar CSV” indicar o delimitador de acordo com a estrutura do arquivo em “Delimitador”. Selecionar o Sistema de referência em “sistema de coordenadas” e verificar/ corrigir na tabela se a estrutura está correspondente em x, y e z (Colunas). Clique no botão OK. Desmarcar a opção de rotação (rotation) pois trata-se de dados obtidos em GNSS. Os dados serão carregados no painel de referência. Lembre-se de sempre informar o sistema de referência da coleta dos dados para não implicar em erro.

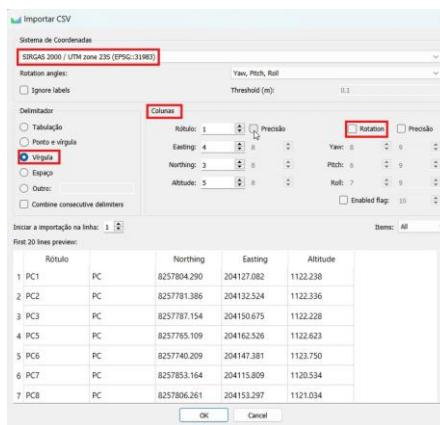


Figura 76 Importar CSV

Os marcadores vão aparecer na área de trabalho do modelo e no painel de referência. Esses marcadores são os pontos coletados em campo ou pontos de referência de outra imagem pré-selecionados.

Para verificar as fotos onde se encontram esses marcadores e realizar a pontaria deve-se clicar com o botão direito no marcador e selecionar a opção “Filter Photos by Markers”.

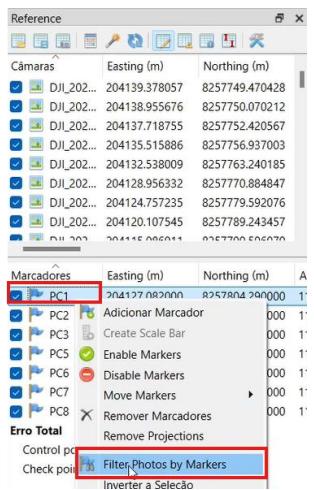


Figura 77 Filtrar fotos por marcador

As fotos selecionadas vão aparecer no painel de fotos. Onde aparecer a marcação (bandeira transparente) clique na foto e busque o local da marcação arrastando a bandeira. A bandeira ficará na cor verde correspondendo a um ajuste realizado. Faça esse procedimento em todos os marcadores e bandeiras transparentes no painel de fotos.

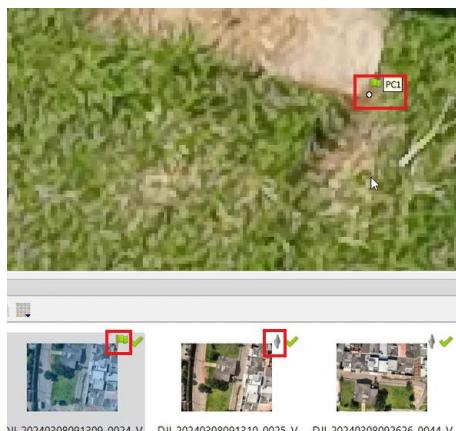


Figura 78 Pontaria

Note que a medida que ajustamos uma foto os marcadores nas fotos alteram, fotos que antes não tinham marcadores passam a ter ou fotos que antes o marcador estava em um ponto moveu para outra área. Isso ocorre porque ao ajustarmos uma foto os marcadores nas outras fotos são ajustados também.

Ao se realizar todo o procedimento de pontaria realiza-se as etapas de segundo alinhamento e otimização de câmeras antes do prosseguimento do fluxo.

- **Nuvem Densa**

Com essa nuvem de pontos primária já é possível gerar a nuvem de pontos densa. A nuvem de pontos apresentada já é suficiente para os produtos seguintes, no entanto é possível criar uma nuvem de pontos densa para melhorar os resultados. Neste caso o acesso se dá em “Fluxo de trabalho/build point cloud”. A configuração deve em geral respeitar a intensão do projeto. A qualidade se refere ao GSD proposto.

Na aba que se abre “Build Dense Cloud” em avançado a filtering se refere a quanto se deseja de processamento para a imagem. A seleção depende do nível de informação, áreas mais rugosas o processamento pode ser mild e áreas mais homogêneas agressive.

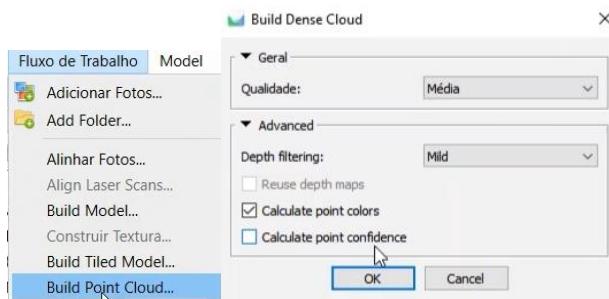


Figura 79 Nuvem densa

- **Classificação**

A classificação de pontos é mais utilizada para melhorar os resultados do MDS, onde nessa etapa se diferencia o que é solo e o que é edificação, permitindo diferenciar o nível do solo e gerar produtos como curva de nível.

Existem duas maneiras de classificar a nuvem de pontos, uma automática e outra com parâmetros pré-determinados. Na automática basta acionar a ferramenta e selecionar as classes pretendidas, porém ela gera um produto que na maioria das vezes não fica adequado a realidade.



Figura 80 Classificação automática

Na classificação com parâmetros tem-se: Max Angle(deg): ângulo máximo seria a média de declividade (inclinação média); Max distance (m): Distância direta entre os pontos em (exemplo para GSD de 5 cm e qualidade média, ref 4. Multiplica-se um valor pelo outro = 20 em cm 0.2); Max terrain slope (deg): Declividade máxima do terreno (verificar em cada caso); Cell size (m): identificar o maior objeto da imagem e colocar o tamanho.

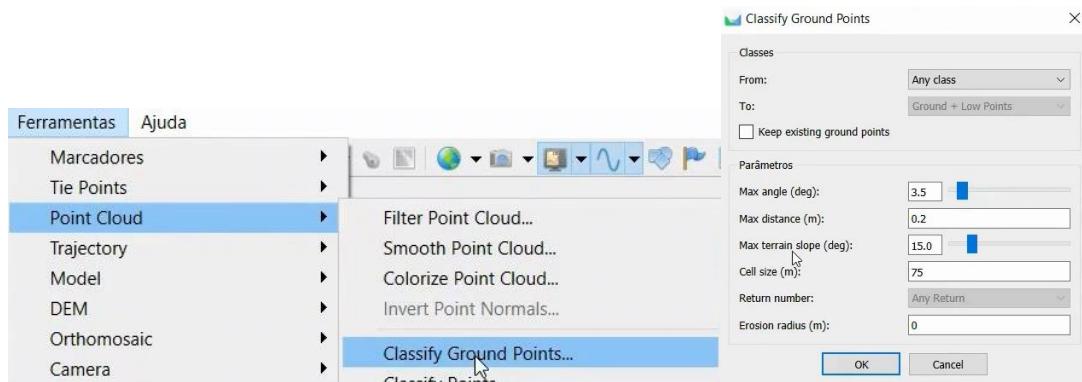


Figura 81 Classificação com parâmetros

Para a conferência altere a visualização para “point cloud classes” verifique se as informações de terreno foram separadas das outras classes. Para corrigir os problemas use a ferramenta de seleção (Free form selection) desenhe a área clica com o botão direito e atribua a classe created para identificar como objeto (assign class/ created) ou selecione outra classe que represente o objeto.

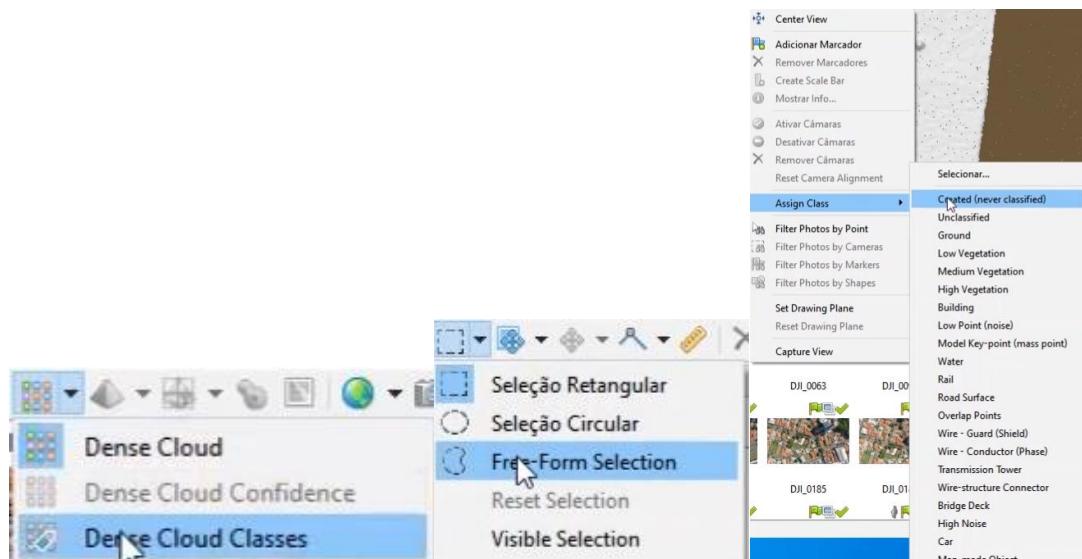


Figura 82 Determinando classes manualmente

OBS: Pontos na coloração rosa (normalmente abaixo do solo) representam ruídos e sugere-se a sua retirada para melhoria dos resultados.

- **Modelo 3D**

Podemos processar 2 tipos de modelos: MDT (Modelo Digital do Terreno) e MDS (Modelo Digital de Superfície. A diferença de processamento nesses modelos se dá apenas na configuração dos pontos (Point Classes).

- Source data: A fonte da informação que é a nuvem de pontos densa (point Cloud);

- Tipo de superfície: Para trabalhos com terreno o modelo seria o 2.5 que representa o plano 2d com informação de altimetria;
- Face Count: É a quantidade de triângulos para mapear a área. (Qualidade e tempo de processamento);
- Interpolação: define como será feita a extraoplação. É possível desativar (desativada), habilitar (Enabled) e extrapolar (extrapolated). Para trabalhos de MDT e MDS sugere-se utilizar o Enabled, caso tenha áreas com muitos vazios (buracos nos pontos) a extraoplação auxilia no preenchimento;
- Point Classes: quais as classes de ponto que serão utilizadas para o processamento. Para **MDT** deixar apenas o terreno (**ground**) ativo. Para **MDS** retirar apenas os ruídos (**low points**).
-

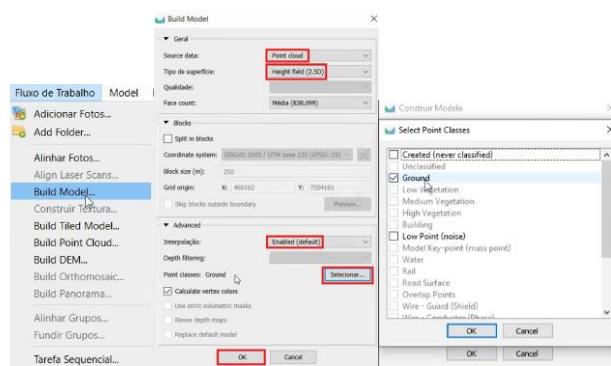


Figura 83 Modelo 3D

- **Suavização (MDT)**

Para corrigir imperfeições no terreno do Modelo 3D (MDT) que podem ocorrer mais em áreas urbanas apresentando quebras de relevo que não correspondem ao terreno é necessário realizar a suavização.

Com o Modelo do MDT ativo na área do projeto seguimos para “Ferramentas/Model/Smooth Model”. A suavização vaira de 1 a 10 e a força (Strength) depende da rugosidade do terreno. Para áreas urbanas 5 ou 6 podem suprir no entanto é necessário testar os valores para verificar o ideal para cada tipo de terreno. Cuidado ao executar o procedimento repetidas vezes pois esse valor somatiza.

Recomenda-se ainda ativar as caixas de “fit borders” e “preserve edges” para que as bordas e quinas dos objetos sejam mantidas, isso facilita para verificar se houve erro na classificação onde objetos foram classificados como terreno. Caso isso ocorra execute a classificação manual descrita na etapa anterior (Figura 67) e execute novamente o modelo e a suavização para melhorar o resultado final.

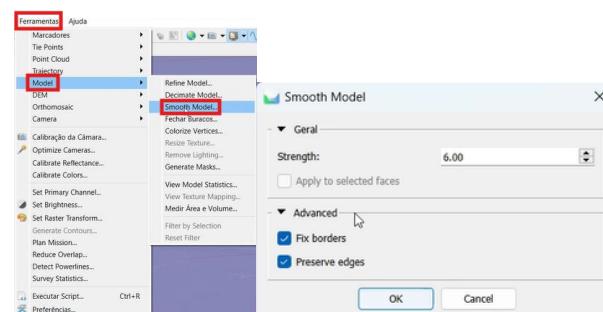


Figura 84 Suavização

- **Tiled Model (MDS)**

O programa disponibiliza duas opções de interpolação o Tiled e o DEM, a escolha de qual modelo depende do trabalho a ser realizado, aqui faremos os dois. O DEM tem o intuito de gerar o ortomosaico e o Tiled model de melhorar o modelo 3D do MDS melhorando o aspecto de derretimento do modelo tornando-o mais adequado a realidade. Sendo assim, essa etapa é optativa caso o intuito seja o ortomosaico.

Para executarmos o Tiled model iremos em “Fluxo de Trabalho/build Tiled Model”. Executa as alterações que achar necessárias ao aprimoramento do modelo e clique em ok.

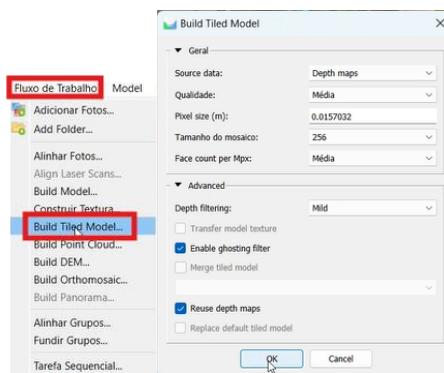


Figura 85 Build Tiled Model

Na janela que se abre “Build Tiled Model” selecionamos os dados que mais se adequam ao projeto:

- Source data: Nesse item podemos escolher a partir de qual dado será gerado o modelo se a partir de mapa de profundidade (Depth maps), nuvem de pontos (Point cloud) ou do Modelo. Os itens são apresentados em ordem de processamento, ou seja, selecionando mapa de profundidade será obtido um de maior qualidade porém com um processamento maior da máquina;
- Qualidade: A qualidade como o próprio nome relata diz respeito a qualidade do projeto e quanto maior a qualidade desejada maior será a demanda de processamento da máquina;
- Pixel size: já é preenchido automaticamente a partir dos dados de configuração do dado utilizado como “source data”;
- Tamanho do mosaico: já é preenchido automaticamente a partir dos dados de configuração do dado utilizado como “source data”. Pode ser alterado mas recomenda-se utilizar o dado preenchido automaticamente para não haver distorções;
- Face Count per Mpx: Quantidade de faces que você deseja, quanto maior a qualidade desejada maior será a demanda de processamento da máquina;
- Depth filtering: Essa seleção depende da base do projeto em regiões muito rugosas é recomendável utilizar o “Mild” e em regiões mais homogêneas o “Aggressive”. O “Moderate” pode ser utilizado em casos que estejam entre essas duas características;

- Enable ghosting filter: recomenda-se marcar essa opção para retirar objetos que estiverem em movimento entre as cenas (ex: Carros);

- **DEM**

O modelo digital de elevação (DEM) pode ser gerado com base no Tie points, mapa de profundidade (Depth maps), nuvem de pontos (Point cloud) ou do Modelo. Normalmente opção mais utilizada é a nuvem de pontos, pois proporciona resultados mais precisos e permite um processamento mais rápido. Para a criação do DEM vá em “Fluxo de Trabalho/build DEM” na barra de ferramentas.

Para o DEM do MDS deixe o MDS ativo no painel do projeto, para o DEM do MDT deixe o MDT ativo no painel do projeto. Na caixa de diálogo Build DEM especifique os parâmetros de configuração a diferença dos processamentos se dá apenas em “Source data”:

- Type: qual a projeção utilizada, geográfica plana ou cilíndrica e o SGR. Para DEM escolhemos a geográfica;
- Source data: fonte para o processamento. Para **DEM (MDS)** escolhemos a nuvem de pontos (**point Cloud**) para ter todas as informações possíveis. E para o **DEM (MDT)** escolhemos o **Mesh**.
- Interpolação: Ativada (enabled)
- Point Classes: Retirar os dados de ruído (low point) no MDS. Essa opção não aparece no MDT pois a fonte utilizada é o Mesh.

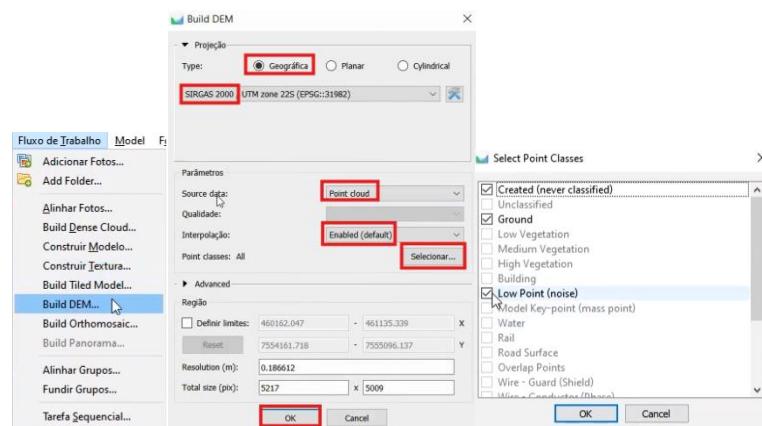


Figura 86 Build DEM (MDS)

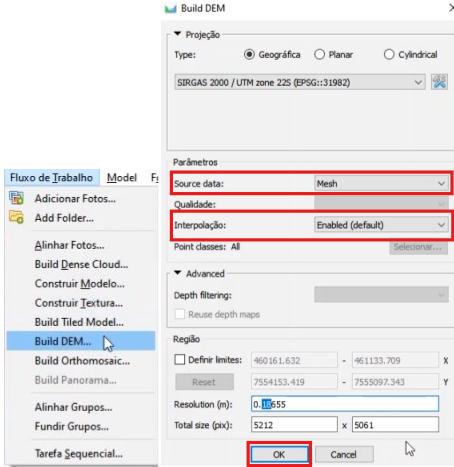


Figura 87 Build DEM (MDT)

- **Curva de nível (MDT)**

Para curva de nível o processamento deve ser utilizado com base nos MDT então essa feição que deve estar ativa. Para gerar as curvas de nível basta clicar com o botão direito no DEM gerado a partir do MDT e gerar os contornos “generate contours”. Na caixa que abre definir o intervalo desejado (interval) e marcar a opção para prevenir que haja intersecções (prevent intersections)

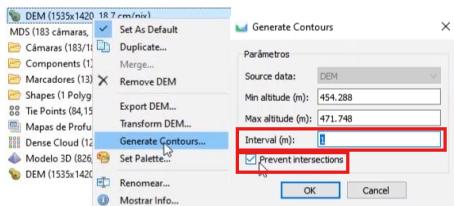


Figura 88 Curva de nível (MDT)

- **Recortar área de interesse**

Para recortar a área de interesse é necessário buscar o shape da área em “import Shapes”.

Após abrir o polígono utilizar a ferramenta de seleção para selecionar o polígono. Clique com o botão direito no polígono selecionado e vá na opção “outer boundary” pois essa opção representa q o recorte irá ser das áreas externas do polígono, permanecendo o que está dentro do polígono.

Selecionar o item que se deseja fazer o recorte (ex: DEM) clicar com o botão Direito no item e ir em “trasnform DEM”

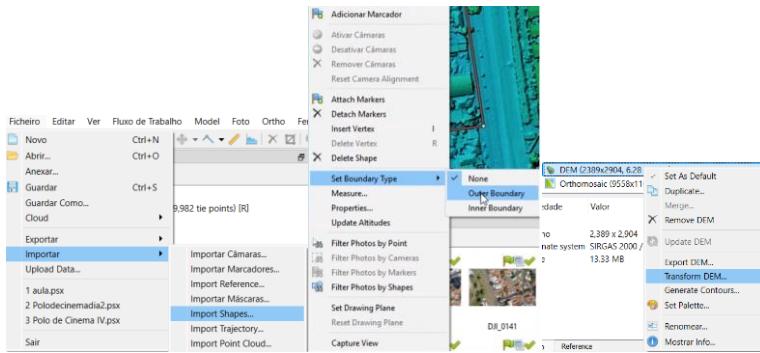


Figura 89 Recortar a área de interesse

- **Ortomosaico**

Por fim temos a criação do ortomosaico. O ortomosaico se gerado a partir do MDS é denominado real ou verdadeiro e se gerado a partir do MDT é denominado convencional. Abaixo a explicação da diferença dos dados obtidos:

- MDS: Ortofotomosaico real ou verdadeiro. Objetos acima do nível do terreno estarão em vista ortogonal, tamanho ajustado ao MDS (tamanho real) e sem ocultação de objetos independente do ângulo de visão do centro de projeção. Ocorre distorções dos objetos (não é possível corrigir todas as distorções).
- MDT: Ortofotomosaico clássico ou convencional. Objetos acima do nível do terreno poderão ter vista perspectiva, variação de tamanho e ocultação de objetos, dependendo do ângulo de visão do centro de projeção, ou seja, objetos representados inclinados. Ocorre linhas de corte (que devem ser editadas).

Para construir o ortomosaico ativamos o conjunto de dados desejado (MDT ou MDS) no painel do projeto e acionamos “Fluxo de trabalho /build orthomosaic”. Abre-se a janela de “Build Orthomosaic” e seguimos com as seguintes configurações:

- Projeção: A projeção nesta etapa do fluxo de trabalho já vem pré definida com os parâmetros estabelecidos os procedimentos anteriores e não precisa ser alterada.
- Surface: qual modelo será a base do processamento do ortomosaico. Utilizar o último produto gerado no caso o DEM;
- Modo de combinação: qual o modelo desejado. No caso mosaico (mosaic - default);
- Refine Seamlines: Caso deseja refinar as linhas de quebra entre as imagens marcar essa opção;
- Enable hole filling: Caso deseje que o programa faça auto preenchimento de vazios/buracos na imagem por interpolação de pixels marque essa opção;
- Enable Ghosting filte: Caso esteja em área onde um objeto que se move aparece em outras imagens (ex carro em movimento na rua), essa opção busca retirar essa duplicata das imagens;
- Pixel size: como já foi definido GSD e consequentemente pixel em etapas anteriores do projeto o mesmo já vem preenchido com os dados anteriores e não precisa ser alterado.

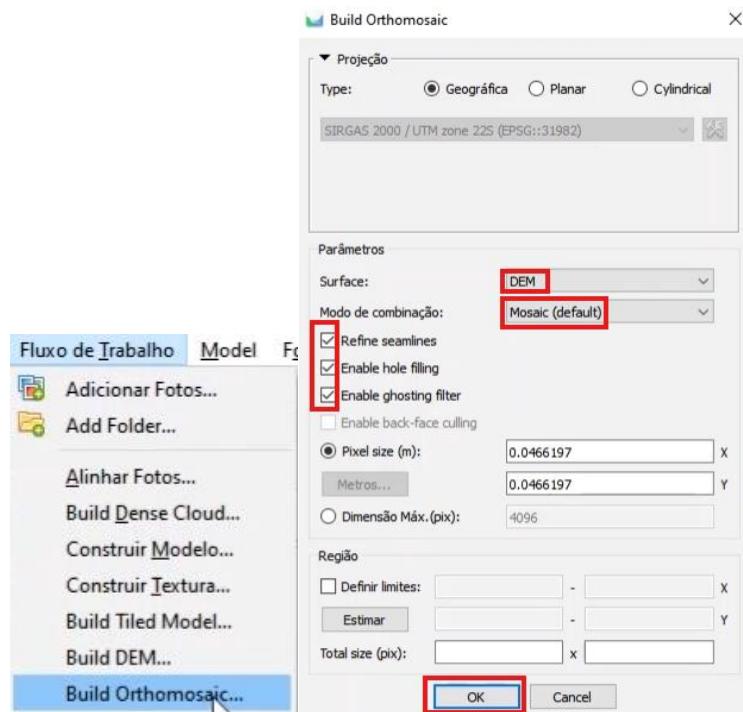


Figura 90 Build Orthomosaic

As mesmas configurações da caixa de diálogo DEM podem ser utilizadas. O tamanho do pixel será sugerido de acordo com a resolução média de amostragem do solo das imagens originais. De acordo com o tamanho da superfície é o tamanho do pixel de entrada, o tamanho total da ortomosaico (em pixels) será calculado e mostrado na parte inferior da caixa de diálogo. O ortomosaico gerado pode ser visualizado clicando duas vezes no ícone específico na barra de ferramentas.

- **Edição do ortomosaico**

Alguns itens no mosaico podem apresentar imperfeições que podem ser corrigidas ao selecionar a melhor foto para sua representação.

Para isso na pasta “Shapes” deixamos inativos os shapes q não vamos utilizar (), para isso basta clicar com o botão direito no shape e marcar a opção disable layers (). É necessário criar um shape que será utilizado como local para seleção de melhores imagens, logo, adicionamos um shape para a correção desejada clicando na pasta “Shapes” com o botão direito (Add Shape Layer). Realize a pré definição da simbologia do shape na aba que se abre importante que em “fill style” esteja a opção “none” para deixar o polígono vazado e permitir ver as edições realizadas, as outras opção são a critério do usuário.

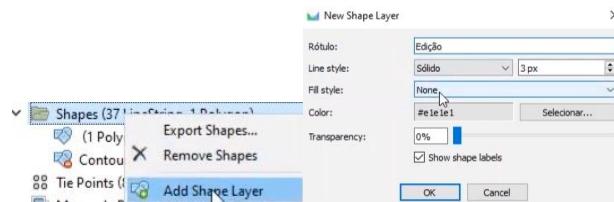


Figura 91 Criando shape

Com o shape ativo na ferramenta desenho selecionar a opção “draw polygon” para permitir que se desenhe polígonos no projeto. Realize um desenho que englobe a área desejada para correção finalizando o polígono clicando com o botão direito.



Figura 92 Criando polígonos

Para editar a foto dentro desse polígono clique dentro dele com o botão direito e em “assign images” para abrir uma caixa com as fotos disponíveis para troca. Selecione a melhor representação e clique em ok. Faça esse procedimento em toda a área nos setores com erros.

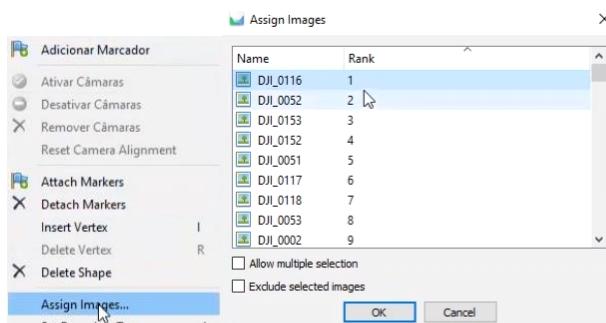


Figura 93 Selecionando imagens

Após definidas as imagens clicar no ícone de “Update Orthomosaic” () localizado na barra de ferramentas do Metashape.

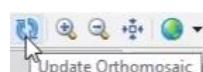


Figura 94 Update Orthomosaic

- Construir textura

Em seguida iremos construir a textura (Opcional), este passo não é realmente necessário no fluxo de trabalho de criação do orthomosaico, mas pode ser necessário para inspecionar um modelo texturizado antes de exportá-lo. Selecione “Fluxo de trabalho/Construir Textura” no menu da barra de ferramentas. Em seguida a caixa de diálogo “Construir Textura” irá abrir.

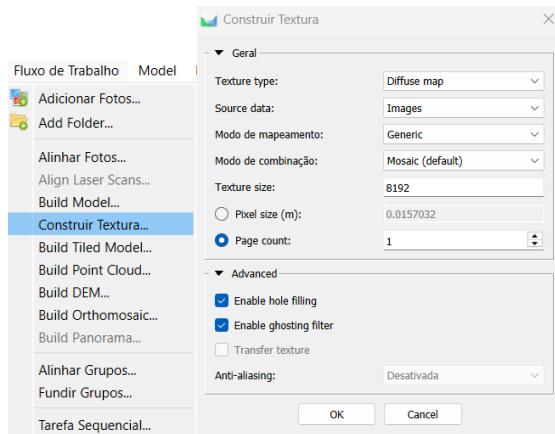


Figura 95 Construir Textura

Defina os seguintes valores na caixa de diálogo Textura:

- Modo de mapeamento (mapping mode): orthomosaico;
- Modo de mesclagem (blending mode): mosaico;
- tamanho de textura / contagem (texture size/Count): 8192 (largura e altura do pixels);
- Opções avançadas: Desativado (O recurso é útil para o processamento de conjuntos de dados com variação de brilho extremo, mas para o caso geral, poderia ser deixada desmarcada para salvar tempo de processamento).

Clique no botão OK para iniciar a geração de textura.

- **Exportar dados**

Após o processo de geração de DEM é possível abrir o modelo na vista clicando duas vezes no rótulo do DEM na barra de ferramentas. Para a exportação do DEM vá file/export DEM. A mesma caixa de diálogo apresentada no procedimento de exportação do ortomosaico, exemplificado posteriormente, aparece na exportação do DEM.

Para exportar o ortomosaico e /ou DEM vá na opção File/export orthomosaicas ou File/export DEM as opções disponíveis são JPEG/TIFF/PNG. Já se abre uma janela para localizar onde salvar o arquivo e nela é possível já definir local e extensão que nesses casos podem ser:

- Tiff
- JPEG
- JPEG 2000
- JPEG XL

- PG
- BMP
- GeoPackage
- MBTiles
- Tile Map Services Tiles
- Google map tiles
- Google KMZ
- World Wind Tiles

Após a escolha da extensão desejada defina os valores para os parâmetros na caixa de diálogo “Exportar Orthomosaic”:

- Projeção: Sistema de coordenadas desejado;
- Tamanho do pixel: resolução de exportação;
- Caso a área seja grande demais recomenda-se a divisão em blocos: 10000 x 10000 (Split in Blocks);
- Região: definir os limites da parte do modelo que deve ser exportada caso só queira uma parte do projeto. Também podem ser utilizadas áreas (polígonos) delimitados na vista Ortho;
- Forma de compressão: Esta pode variar de acordo com a extensão selecionada para salvamento do arquivo. TIFF e qualidade JPEG deve ser especificada de acordo com as exigências de trabalho. O formato BigTIFF permite superar o limite de tamanho de arquivo TIFF para grandes ortomosaicos, mas não é suportado por alguns aplicativos.

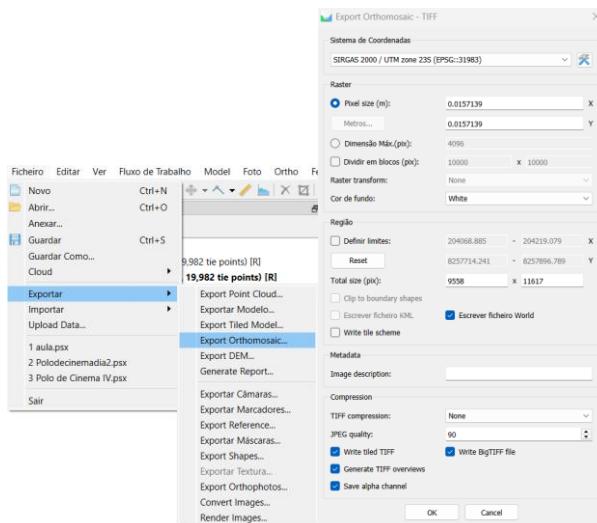


Figura 96 Export Orthomosaic

Clique em Exportar e, em seguida, especifique o nome do arquivo, destino e selecione o tipo do arquivo exportado (por exemplo, GeoTIFF). Clique no botão Salvar para iniciar a exportação do arquivo que corresponde ao ortomosaico.

Por meio do mesmo caminho “Ficheiro/Exportar” é possível exportar a nuvem de pontos, o Modelo 3D, o Tiled Model e o DEM. Lembre-se de deixar ativo na Painel do Projeto o conjunto de dados que se deseja exportar ou gerar o relatório.

- **Relatório**

O relatório é uma etapa fundamental para a identificação da qualidade do processamento bem como forma de auditoria das informações prestada como preconiza o manual de georreferenciamento de imóveis rurais do INCRA. O manual cita no capítulo de guarda de peças técnicas a necessidade de se manter relatórios de processamento do levantamento aéreo bem como os relatórios de processamento e ajustamento dos pontos de controle, quando utilizados, e pontos de checagem/verificação utilizados, com suas respectivas monografias.

No metashape é possível gerar um relatório dos processamentos realizados e avaliar a qualidade dos produtos. Quando se trabalha com pontaria e levantamento topográfico recomenda-se gerar o relatório após a fase do segundo alinhamento para verificar a qualidade do produto antes dos processamentos mais longos e caso necessário corrigir os erros para melhorar o produto final.

O relatório pode ser gerado também ao final dos processamentos, nesse caso ele virá completo com análise dos resultados dos processamentos realizados. Aqui faremos a análise do relatório completo. O relatório é apresentado apenas para um grupo de informações, ou seja, o chunk que estiver ativo no projeto é o qual será gerado o relatório. Para gerar o relatório é necessário ir em “Ficheiro/Exportar/ Generate Report”.

Abre a janela “Generate Report” para inserção do título do relatório, descrição, projeção, tamanho da fonte e numeração de páginas. A projeção é como os produtos vão aparecer, a opção planta XY indica que os produtos vão ter a vista superior. Definindo essas configurações iniciais e clicando em ok abre-se a opção de salvamento do arquivo onde selecionamos a pasta e o nome do arquivo.

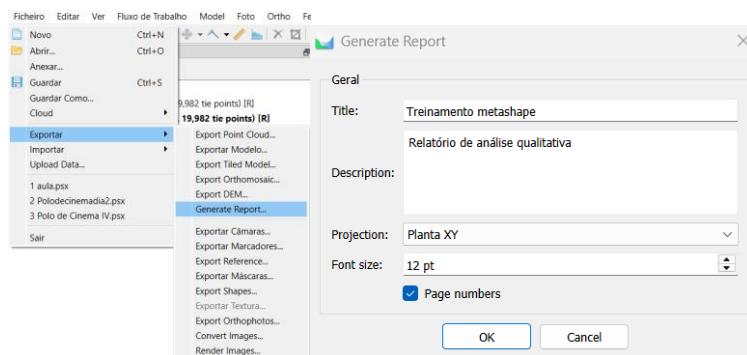


Figura 97 Generate Report

No Relatório consta:

- O título definido;
- A data do relatório, esta é a data de geração do mesmo e não a de processamento;
- Imagem do último processamento;
- Survey data: na Imagem consta a sobreposição de fotos na área de interesse contendo cores quentes para áreas com menor sobreposição e frias para área com grande sobreposição. Assim, se a imagem estiver em tons de azul indica ótima amostragem do projeto, ou seja garantia de fotos para melhor escolha nos processamentos. Nessa parte também tem os dados do projeto como número de imagens, altitude de voo, GSD, área coberta, número de pontos da nuvem esparsa, quantidade de projeções

necessárias para a criação dos pontos (tie points) e o erro de reprojeção. Aparece em tabela as informações da câmera como o modelo, resolução, distância focal, tamanho do pixel e se houve calibração;

- Parâmetros de Calibração da Câmara: Na imagem os vetores indicam os parâmetros que foram corrigidos e na tabela é apresentados os valores das correções aplicadas em cada coeficientes;
- Camera Locations: Apresenta a localização das câmeras e os erros estimados onde o erro em z é representado pelas cores no índice e o formato indica o erro em x, y. Os pontinhos na imagem indicam a localização da câmera. Assim tem-se os erros de deslocamento do projeto representados numericamente na tabela abaixo dessa figura. Onde XY indicam o erro médio na planimetria e Z indica o erro altimétrico. Importante ressaltar que esses erros são apresentados no relatório tanto para levantamento com ponto de apoio como sem ponto de apoio, assim, os valores apresentados de erro nesta etapa possuem mais assertividade quando se há uma comparação em solo, ou seja, com pontos de apoio;
- Ground control points: Apresenta a localização dos pontos de apoio e os erros estimados onde o erro em z é representado pelas cores no índice e o formato indica o erro em x, y. os pontinhos indicam a localização do ponto de apoio. Abaixo são apresentadas 2 tabelas que fundamentam a principal análise de qualidade do processamento. A tabela 4 mostra o erro dos pontos de controle e a tabela 5 os erros dos pontos de verificação. A acurácia no ponto de controle é uma precisão teórica pois esses pontos estão envolvidos no processo estatístico. Já os pontos de verificação apresentam o erro real do projeto sendo esse erro apresentado é de deslocamento não está relacionado as medidas do projeto. Indica que o projeto pode ter esse deslocamento em cada um dos eixos descritos. Analisamos então a Planimetria no XY (resultante do X e do Y) e altimetria no z. Para tolerância na planimetria tem-se $1,5 \times \text{GSD}$ e para tolerância da altimetria tem-se $3 \times \text{GSD}$. Calcular com os dados do projeto e verificar se os valores atendem os requisitos, ou seja, estejam abaixo das tolerâncias. Se abaixo indica que eu alcancei o melhor resultado dentro do que é possível com o drone;
- Tabela 6 – Erro dos pontos de controle: Exibe os erros em x, y, z e pixel dos pontos de controle;
- Tabela 7 - Erro dos pontos de verificação: Indica os erros em x, y, z e pixel dos pontos de verificação. O erro em pixel na imagem indica o erro na pontaria recomenda-se nesse caso erros abaixo de 1 que indicam que a pontaria foi bem executada. Se algum ponto estiver acima desse valor recomenda-se retirá-lo do processamento ou refazer a pontaria para melhoria da qualidade do projeto. Para projetos de altíssima precisão é recomendado que esse erro esteja abaixo de 0,5. Logo as tabelas 6 e 7 são referência no erro do projeto, ou seja, a tabela 5 de qualidade exprime os resultados da tabela 6 e 7. Caso a qualidade não seja adequada, por meio da tabela 6 e 7 é possível identificar onde ocorreu o erro e melhorar a pontaria e consequentemente a qualidade resultante. Nas tabelas 6 e 7 é possível ver em x e y onde ocorreu o maior deslocamento e corrigir a informação no processamento;
- Modelo digital de elevação: Mostra o resultado do DEM com legenda hipsometrica e o resultado de resolução do processamento e quantos pontos por m^2 ;
- Configurações do processamento: Exibe todas as configurações realizadas no processamento dos produtos. É um histórico de tudo que foi feito para obter aqueles resultados.

10. WebODM

O WebODM é uma interface web intuitiva para o OpenDroneMap (ODM), um motor de processamento de código aberto projetado para processar imagens de drones e criar nuvens de pontos, modelos 3D e ortofotos. Como uma plataforma de software de código aberto e desenvolvida pela comunidade, o WebODM

oferece uma solução gratuita e acessível para criar mapas de alta resolução com precisão e rapidez.

Com o WebODM, é possível criar ortomosaicos, modelos 3D, mapas de elevação e outros produtos cartográficos de alta qualidade a partir de imagens aéreas capturadas por drones. Essa ferramenta é extremamente útil em diversas áreas, incluindo topografia, agricultura, meio ambiente e infraestrutura, permitindo identificar problemas e oportunidades com uma visão única e detalhada do terreno mapeado.

Se o seu objetivo é processar dados de forma gratuita, esta pode ser uma opção satisfatória para substituir o Agisoft Metashape ou Pix4D. Essa plataforma é ideal para quem busca uma solução de fácil acesso e gratuita para criar mapas de alta resolução com precisão e rapidez, sem precisar de conhecimentos avançados em programação ou processamento de imagens.

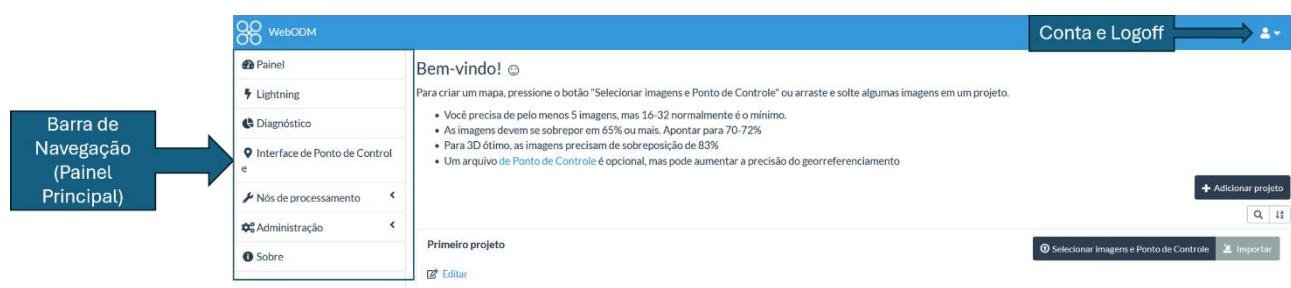


Figura 98 Download WebODM

• Instalação WebODM

Para utilizar o WebODM gratuitamente, você deve realizar a instalação do software de forma manual. Este não é um processo muito simples de ser executado e pode demandar um bom tempo de dedicação.

Caso prefira instalá-lo utilizando o instalador automático, você irá precisar adquirir uma licença Standard ou Business válida, a única diferença entre elas está ligada a velocidade de resposta da equipe de suporte do WebODM.

Aqui apresentaremos um tutorial de instalação do módulo manual. Para começar, acesse o site oficial do WebODM (<https://www.opendronemap.org/webodm/>) e clique em download. Na página q se abrirá escolha a opção “Manual Install”.

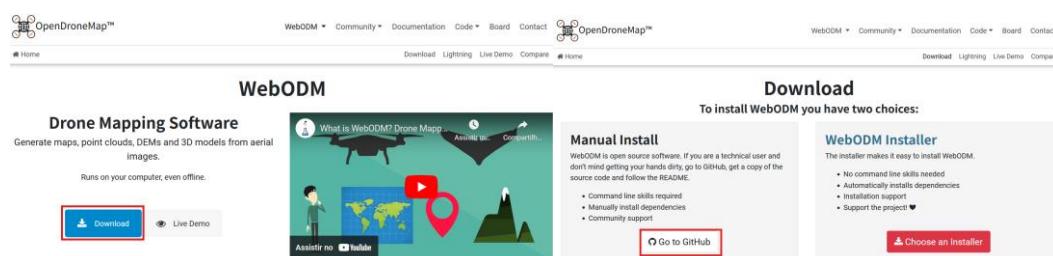


Figura 99 Download WebODM

Será aberta a página do GitHub do Projeto contendo o “README” que apresenta o projeto e sobre a

instalação. Em “Manual Installation (Docker)” é citada a necessidade de instalar o Git o Docker, o Python e o PIP. Sendo assim antes de continuar a instalação é necessário instalar o **Git** para acessar os dados do projeto e o Docker. Recomenda-se instalar o “**docker desktop**” que tem o link disponível já no texto do “Manual Installation (Docker)”. O Docker desktop já vai trazer a Engine do Docker e o docker compose junto.

Após a instalação do Docker descktop abra o Docker, nele vai solicitar uma conta, realize o procedimento de acesso a conta corporativa ou do seu gmail. Com o Docker aberto em “general” retirar a marcação de “start Docker Desktop when you sign in to your computer” para que ele não inicie sempre que ligar sua máquina.

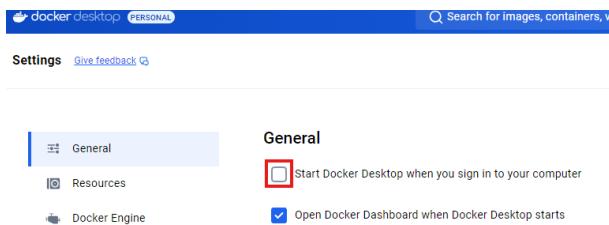


Figura 100 Configuração do Docker

Para dar continuidade o Docker deve estar funcionando, isso pode ser verificado na barra inferior esquerda contendo a informação “engine running” na cor verde. Caso não esteja busque atualizações ou informações com o fabricante.

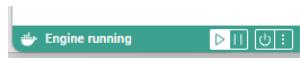


Figura 101 Docker ligado

Após a instalação do Git vá na busca do Windows e digite “git Bash” para abrirmos o “git BASH”. Ao abrir o git acessamos o link do git disponível na página de download do WebODM em “Installation with Docker” e copiamos alinha de comando da instalação:

```
Installation with Docker
• From the Docker Quickstart Terminal or Git Bash (Windows), or from the command line (Mac / Linux / WSL), type:
git clone https://github.com/OpenDroneMap/WebODM --config core.autocrlf=input --depth 1
cd WebODM
./webodm.sh start
```

A screenshot of a terminal window with a title bar 'Installation with Docker'. Inside the window, there is a command line with three lines of text. The third line ends with a red-bordered copy icon. The text in the command line is:
git clone https://github.com/OpenDroneMap/WebODM --config core.autocrlf=input --depth 1
cd WebODM
../webodm.sh start

Figura 102 Link de acesso git

No “Git Bash” colamos a linha de comando e aguardamos a instalação ser realizada. Ao final da instalação é fornecido um link. Esse link significa o local da sua maquina que o browser vai acessar o OpenDroneMap.



```

se          | INFO Added [[coreplugins.editshortlinks.plugin]] plugin to database
webapp     | INFO Added [[coreplugins.measure.plugin]] plugin to database
se          | INFO Added [[coreplugins.shortlinks.plugin]] plugin to database
base        | INFO Added [[coreplugins.contours.plugin]] plugin to database
webapp     | INFO Registered [coreplugins.diagnostic.plugin]
webapp     | INFO Registered [coreplugins.lightning.plugin]
webapp     | INFO Registered [coreplugins.psm-gcp,plugin]
webapp     | INFO Registered [coreplugins.fullscreen.plugin]
webapp     | INFO Registered [coreplugins.measure.plugin]
webapp     | INFO Registered [coreplugins.contours.plugin]

Congratulations! 100% complete

If there are no errors, WebODM should be up and running!
Open a web browser and navigate to http://localhost:8000

```

Figura 103 Link de acesso WebODM

Agora, basta abrir uma nova aba no seu navegador e digitar localhost:8000 na barra de endereços e apertar Enter no seu teclado para acessar o software do WebODM. Antes de iniciar o uso da ferramenta é necessário criar uma conta de acesso.

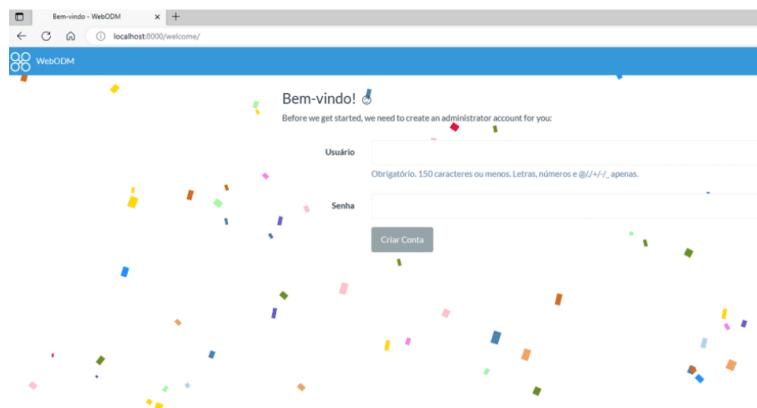


Figura 104 Criar conta de acesso WebODM

- **Pontaria**

Discutiremos brevemente como adicionar Pontos de Controle (GCP) no WebODM que permite a produção de ortofotos georreferenciadas e modelos de elevação. No Painel principal em Interface de Pontos de Controle (Ground Control Point Interface) temos a opção para carregar o arquivo de pontos (Load existing Control Point File) e o local de carregamento das imagens (Choose images/drag here).

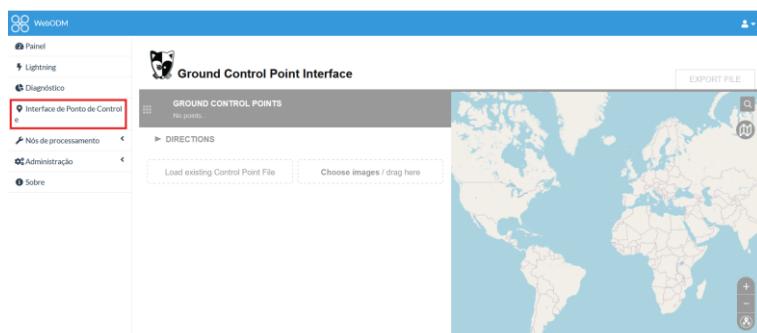




Figura 105 Interface Ponto de Controle

Para facilitar o processamento recomenda-se carregar apenas as imagens que contém os pontos de controle nesse ambiente. No Painel serão exibidos a esquerda as fotos carregadas e a direita um mapa Google com a localização dos pontos de controle carregados. Para carregar os pontos de controle o arquivo (.TXT) deve ter uma configuração específica onde na primeira deve-se escrever o sistema de referência (SGR) em formato Proj4, e nas linhas dos pontos a ordem deve ser ponto, X, Y e Z.

Na aba esquerda onde encontra-se as imagens clique na imagem para ampliar sua visualização. Por padrão ele cria um ponto em amarelo em cada aba esse ponto amarelo serve para executar pontos de checagem com referência na imagem google. Sugerimos deletar esse ponto amarelo caso sua intenção não seja checagem mas sim pontos de controle, assim, em ambas áreas clicando com o botão direito e selecionando a opção “delete” é possível retirar esses pontos de checagem. Dê o zoom na imagem até encontrar o marco de referência e clique no ícone  para adicionar um ponto na imagem e selecione exatamente o local do ponto na imagem.



Figura 106 Pontaria no WebODM

Após realizar a pontaria na imagem clique no ponto correspondente na aba com a com a localização dos pontos de controle carregados. Ambos os pontos irão ficar na cor verde na visualização.



Figura 107 Correlação de pontaria

Refaça o procedimento para todos os pontos e fotos existentes no seu projeto. Para retornar ao painel de exibição das fotos e selecionar nova foto clique no ícone de voltar  no canto superior esquerdo da aba da imagem.

Após realizar todo o procedimento de pontaria em todas as imagens clique no ícone no canto superior direito da aba do mapa. Irá se abrir uma janela “Ground control point file” com os dados da pontaria realizada. É possível copiar os dados em “copy” e salvá-los em “save”. Para continuidade do projeto iremos salvar o arquivo clicando em “save”.

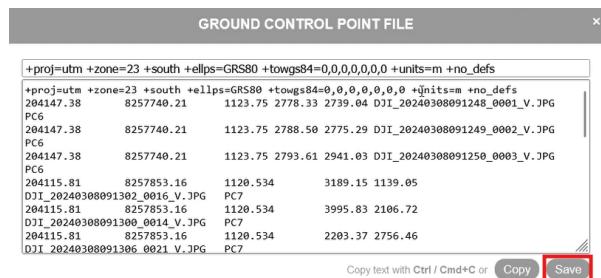


Figura 108 Ground Control Point File

Após salvar o arquivo é realizado automaticamente o download do mesmo na máquina. Recomenda-se colocar o arquivo na mesma pasta das imagens para fazer a seleção conjunta no início do projeto.

- **Novo projeto**

A primeira etapa é adicionar um novo projeto à sua conta. Para isso, com o painel ativo, clique em “Adicionar projeto”.

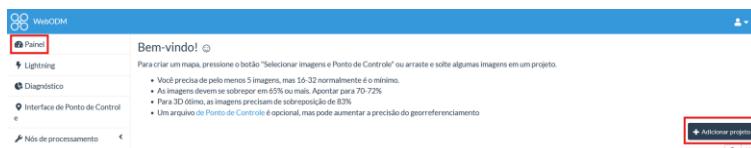


Figura 109 Adicionar projeto

Na janela que aparece, insira um nome e uma descrição em seguida clique em “Criar Projeto”.



Figura 110 Janela Novo Projeto

O projeto adicionado aparece na interface do aplicativo. Você ainda pode alterar o nome e a descrição com um clique no ícone “Editar”.

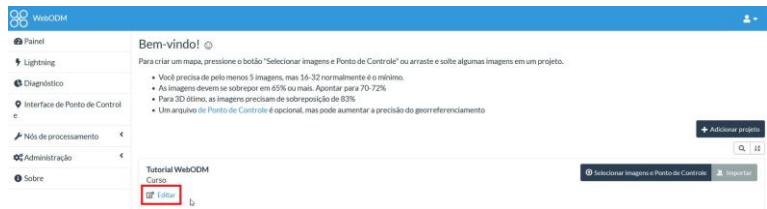


Figura 111 Projeto adicionado na interface

- **Imagens**

Nesta etapa adicionaremos as imagens obtidas pelo equipamento. No painel WebODM, selecione “Selecionar Imagens e Pontos de Controle”.

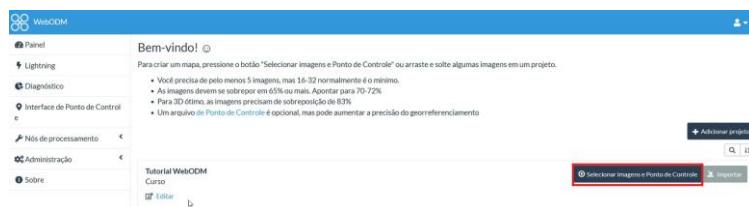


Figura 112 Adicionado imagens

Existem 2 maneiras de se adicionar os dados do projeto:

- Sem pontos de controle: Na janela que se abre selecione todas as imagens (Ctrl-A é um atalho para selecionar todas) e clique para abrir;
- Com pontos de controle: Caso tenha já um arquivo GCP.txt (etapa pontaria) abra a opção “all files” na janela de localização dos dados para que o arquivo apareça e possa ser selecionado ao projeto junto com todas as imagens do projeto.

Após a seleção dos dados necessários ao projeto, no painel principal irá aparecer o quantitativo de arquivos selecionados, uma mapa base com a localização das fotos, em nome a identificação do endereçamento do projeto (Google), um seletor de ó de processamento, as opções de processamento e de redimensionamento de imagem.



Figura 113 Projeto

- Configuração do projeto e processamento**

No WebODM diferentemente do metashape ou outros softwares não é realizado o processamento de cada etapa. Esse software já no seu painel principal na área do projeto permite que você configure os parâmetros desejados e em seguida ele realiza o processamento de todas as etapas exibindo ao final o resultado. Assim, não é possível verificar erros dentre as etapas e realizar melhorias ou ajustes caso seja necessário ajustar algum parâmetro todo o processamento será realizado novamente. O processamento se dá então com a revisão “Review” dos dados do seu projeto.

O WebODM lê os metadados das imagens. Os arquivos são armazenados como tags EXIF e arquivos JPG. EXIF é a sigla para Exchangeable Image File Format. As marcas podem incluir informações sobre o local onde a imagem foi tirada. Esta informação vem do GPS do drone.

Imagens com informações de geolocalização em tags EXIF podem ser usadas para produzir ortofotos e modelos de elevação georreferenciados. Se a informação de localização não existir, você ainda pode criar uma nuvem de pontos e um modelo 3D, embora sem georreferenciamento.

Campo	Configuração
Nome	É o nome padrão da Tarefa gerada pelo WebODM usando a localização EXIF e dados temporários. As coordenadas são utilizadas na busca pelo nome de um lugar. Você pode editar o nome, se necessário.
Nó de processamento	Este é o nó onde o cálculo é executado. Sua conta está configurada com um nó de computação específico (você pode ver isso ao usar o menu suspenso), você pode mantê-lo em Auto. Em outra configuração onde você tem vários nós disponíveis, você pode escolher um que deseja ou usar Auto para selecioná-lo automaticamente com o menor número de tarefas de processamento.
Opções	<p>Esta opção permite que você controle o algoritmo que é usado no processamento de imagens Drones, você pode escolher uma lista predefinida de configurações. Se você mover o ponteiro do mouse sobre as predefinições, ele mostrará opções que podem ser usadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Padrão: crie uma nuvem de pontos, uma ortofoto e um MDS; • High resolution: fornece saída de alta resolução, mas o tempo de processamento será longo; • Fast Orthophoto: se você está interessado apenas em uma ortofoto;

	<ul style="list-style-type: none"> • Field: Melhor representação de malhas; • DSM + DTM: gerar um MDT mais o MDS; • Forest: Haverá um grande número de pontos e uma alta qualidade que melhor representa as Florestas; • Buildings: Melhor representação de malhas que realçam estruturas feitas pelo homem; • 3D Model: otimizar a malha; • Volume Analysis: otimize o DTM e DSM para cálculo de volume; • Multiespectral: inclui parâmetros para imagens multiespectrais, como calibração radiométrica.
Redimensionar imagens	Você pode reduzir o tamanho das imagens alterando as configurações aqui. É útil diminuir a quantidade de memória usada e aumentar a velocidade de processamento. É uma compensação, é claro, com a qualidade dos resultados. Neste caso, não iremos redimensionar as imagens porque isso já foi feito para os fins deste tutorial

Tabela 27 Configuração WebODM

Configure esses parâmetros da maneira desejada para o projeto. Para a continuidade da demonstração a opção será o “Padrão” e o redimensionar imagens “No”.

Antes de iniciar o processamento verifique se as configurações definidas estão corretas, caso positivo clique em “Aceitar”. Clique em “Cancelar” para fazer correções, se necessário.



Figura 114 Configurações do Projeto

Após a revisão dos parâmetros a opção “Iniciar processamento” aparece no projeto e poderá ser açãoada para início.

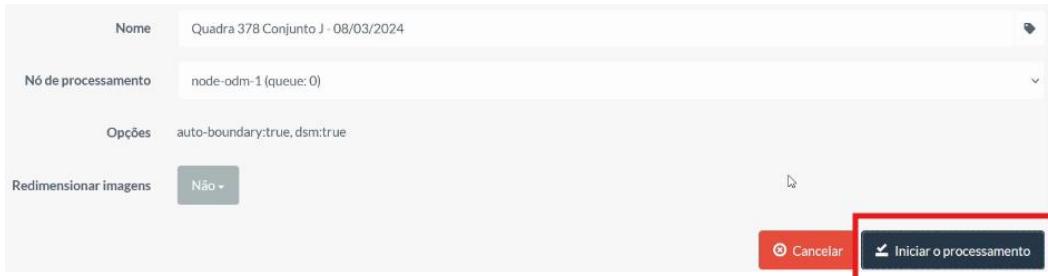


Figura 115 Iniciar Processamento

A tarefa é executada e no Dashboard pode ser observado o andamento do processamento, inclusive o tempo decorrido.



Tutorial WebODM
Curso

1 tarefas • Ver mapa Editar

Quadra 378 Conjunto J - 08/03/2024

Criado em: 16/11/2024, 11:57:45
Nó de processamento: node-odm-1 (manual)
Opções: auto-boundary:true, dsm:true
Uso de disco: 746.9 Mb
Task ID: e4d1ec24-04f3-4a3c-a798-9898293fb191
Resultados da tarefa: Exibir Ocultar

65 00:20:42 Processamento ...

Cancelar Excluir

Figura 116 Processamento

• Resultados

Assim que a tarefa de processamento for concluída, podemos ver os resultados no WebODM. Primeiro, vamos olhar nossos resultados em 2D. clicando em “ver mapa”. A interface WebODM exibe ortofotos com o mapa de base híbrido do Google Maps.

Tutorial WebODM
Curso

1 tarefas • Ver mapa Editar

Quadra 378 Conjunto J - 08/03/2024

Criado em: 16/11/2024, 11:57:45
Nó de processamento: node-odm-1 (manual)
Opções: auto-boundary:true, dsm:true
Área: 13.379 m²
Pontos reconstruídos: 3.420.482
Uso de disco: 988.76 Mb
Task ID: e4d1ec24-04f3-4a3c-a798-9898293fb191
Resultados da tarefa: Exibir Ocultar

65 00:21:23 Completo ...

Panel Lightning Diagnóstico Interface de Ponto de Controle Nós de processamento Administração Sobre

Ortofoto Processamento Modelo de Superfície

Opacidade: 100% Compartilhar

Figura 117 Visualização de resultados 2D

Altere a opacidade com o controle deslizante na parte inferior da tela. Compare os resultados com mapas base diferentes usando o ícone no painel à direita da tela. Observe que a imagem do satélite ESRI . Aumente o zoom e compare a resolução do mapa base com a ortofoto derivada do drone alterando a opacidade da ortofoto na barra inferior do mapa **Opacidade:** . Clique sobre o ícone para controlar as camadas que se deseja visualizar.

Na visualização 2D, podemos visualizar o MDS derivado. Na parte superior direita da tela, clique no ícone de **Modelo de Superfície**. Isso exibirá o MDS da área. Clique sobre o ícone para controlar a camada e altere a cor do MDS, você pode escolher diferentes rampas de cores. Com o valor de “sombreamento”, você pode alterar o sombreamento da elevação. Exporte também a imagem do tipo GeoTiff para uso em um GIS.

Se o resultado for do seu agrado, pode clicar em **Compartilhar** para compartilhar o link com outras pessoas. Pessoas com o link só verão o resultado de forma interativa

Para visualizar os produtos 3D podemos executar de 2 maneiras:

- Se você ainda estiver na visualização Visualização 2D, clique no ícone  para alternar para Visualização 3D;
- Se você estiver no painel principal, clique em  Ver modelo 3D.

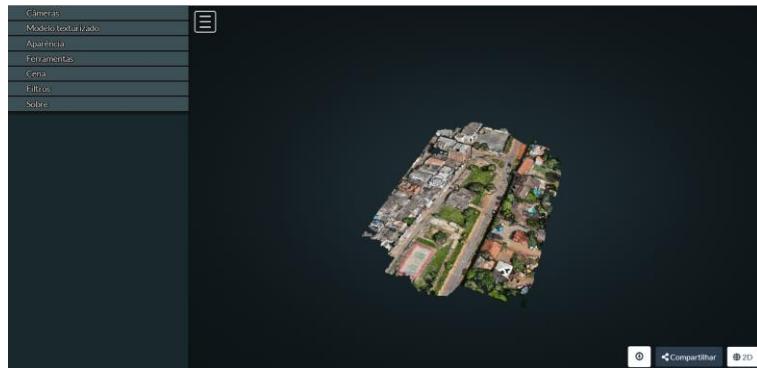


Figura 118 Interface de visualização de resultados 3D

Na seção Navegação (Navigation), existem diferentes opções para visualizar os produtos com as opções 3D:

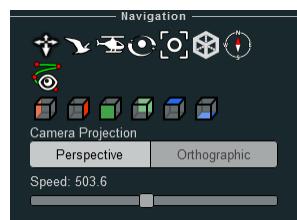


Figura 119 Navigation

A visualização 3D possui recursos interessantes para visualizar os dados em 3D. Tem-se a visualização da nuvem de pontos, das câmeras (Cameras>Show Cameras), e do Modelo (textures model/showmodel). Para exibir os produtos na tela basta ticar as opções desejadas e para retirá-los da exibição basta retirar a seleção da opção.

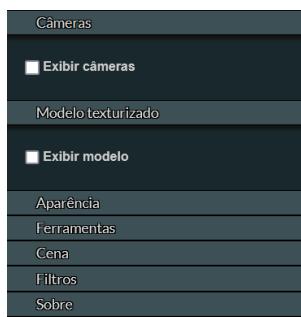


Figura 120 Visualização de produtos 3D.



Em “Aparência” temos as seguintes configurações que alteram a aparência final do produto:

- Budget de pontos: número de pontos a serem exibidos;
- Campo de visão: O campo de visão determina o tamanho da cena visível do ponto de vista;
- Eye Dome Lighting: quando ativado pode-se observar os pontos sem o efeito de sombreamento;
- Backgraud: Mude o plano de fundo para Skybox para obter um céu dramático sobre a cena. É possível utilizar um fundo texturizado (Gradient) o fundo com uma imagem do céu (Skybox), preto (Black), branco (White) ou nenhum (None).
-



Figura 121 Aparência.

- **Curvas de nível**

A criação de curvas de nível pode ser realizada na visualização 2D clicando no ícone  do painel do lado direito da tela. Na janela que se abre é possível definir a equidistância (Intervalo) das curvas de nível, a camada da qual será derivado (Camada), o Grau de simplificação (simplificar) e a projeção de saída (Projeção). Para obter o resultado basta clicar em “visualização” e para exportar em “exportar”.



Figura 122 Configuração de curvas de nível.

As extensões de exportação disponíveis para as curvas de nível são: GeoPackage (.GPKG), AutoCAD (.DXF), GeoJSON (.JSON) e Shapefile (.SHP).

- **Medições**

Para realizar medições de volume, área e comprimento em vista 2D basta clicar no ícone  no painel do lado direito da janela e selecionar "Crie uma nova medição". Crie um polígono da área de interesse e ao concluir clique em “Concluir medição”. Após o cálculo o resultado da medição é exibido no mapa e pode ser exportado no formato Geojson.



Figura 123 Medição 2D.

Na visualização 3D também é possível realizar medições junto a aba “Ferramentas/measurement”.

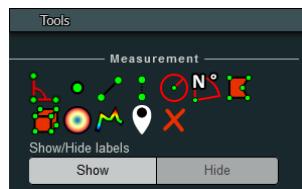


Figura 124 Medição 3D.

Explore as seguintes ferramentas para diferentes medições no espaço 3D:



Medição de ângulo entre diferentes pontos 3D que você seleciona na cena



A medição do ponto retorna as coordenadas x e z de um local selecionado



Medindo a distância entre os pontos selecionados



Medição de altura: diferença de altura de dois pontos selecionados



Medição circular



Medindo o ângulo entre dois pontos em graus de bússola



Medindo áreas de polígonos



Medição de volume



Medição de volumes



Desenhe um perfil de altura



Adicionar anotações



Exclua medições

Para visualizar os resultados devemos selecionar o item em “Cena/Objects” e em “Properties” ver os resultados.

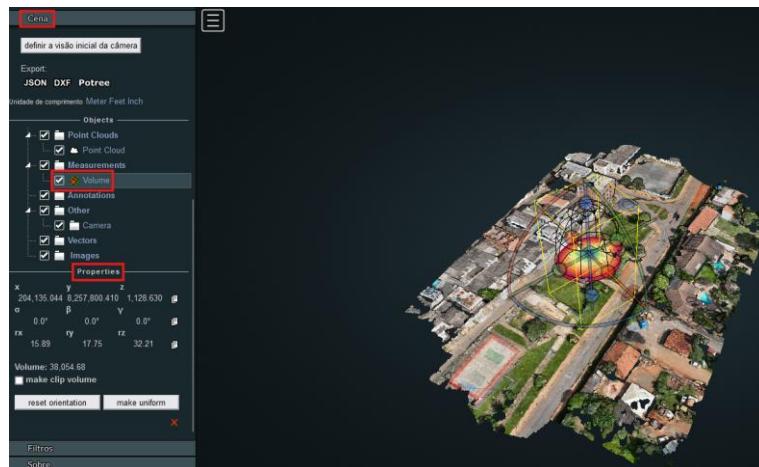


Figura 125 Volume 3D.

- **Adicionar vetor**

Podemos adicionar dados vetoriais no formato GeoJSON ou Shapefile para definir a área de interesse e recortar o resultado. Importante ressaltar que o webODM só aceita arquivos compactados assim, o shapefile deve ser compactado em formato ZIP.



No WebODM, visualização 2D, clique no ícone do painel, à direita da tela, e adicione o arquivo zip compactado. O polígono do Shapefile será sobreposto à sua ortofoto. Clique sobre o ícone para controlar as camadas que se deseja visualizar.

- **Recortar**

Existem diferentes ferramentas de corte disponíveis na seção “Clipping” na visualização 3D.

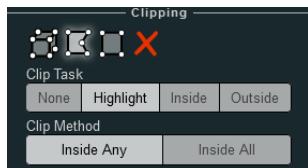


Figura 126 Opções de Recorte.

Os diferentes métodos são:



Clip um volume;



Recorte um polígono;



Desenhe uma caixa de seleção.

Neste método, você precisa alterar a vista Orthographic em Navigation.

Em “Clip Task” indique se você precisa destacar “Highlight” os pontos, dentro do polígono para mostrar pontos apenas dentro (Inside) do polígono ou mostre apenas os pontos fora (Outside) do polígono.

- **Downloads**

Embora o WebODM tenha algumas ferramentas interessantes para visualização e medição de dados, pode ser necessário fazer o pós-processamento em um GIS. Você pode baixar os dados de diferentes lugares no WebODM de 2 maneiras:

- Se ainda estiver na visualização 3D, você pode clicar no ícone  na parte inferior direita da janela.
- Se você estiver no Painel principal, pode clicar em “Baixar Recursos”
-



Tutorial WebODM
Curso

1 tarefas Ver mapa Editar

Quadra 378 Conjunto J - 08/03/20

Criado em:
Nó de processamento:
Opções:
GSD médio:
Área:
Pontos reconstruídos:
Uso de disco:
Task ID:
Resultados da tarefa:

Baixar recursos Ver mapa

Ortofoto
Modelo de Superfície
Nuvem de pontos
Modelo texturizado
Modelo texturizado (glTF)
Parâmetros da câmera
Fotos da câmera
Relatório de Qualidade
Todos os recursos
Backup

Figura 127 Baixar Recursos.

- **Relatório**

O relatório é uma etapa fundamental para a identificação da qualidade do processamento bem como forma de auditoria das informações prestada como preconiza o manual de georreferenciamento de imóveis rurais do INCRA. O manual cita no capítulo de guarda de peças técnicas a necessidade de se manter relatórios de processamento do levantamento aéreo bem como os relatórios de processamento e ajustamento dos pontos de controle, quando utilizados, e pontos de checagem/verificação utilizados, com suas respectivas monografias.

No WebODM é possível gerar um relatório dos processamentos realizados e avaliar a qualidade dos produtos. Para gerar o relatório é necessário ir no painel principal e clicar em “Download Assets/QualityReport”, o produto gerado vem no formato PDF. No Relatório consta:

- Dataset Summary: Que é um sumário dos dados. Ele indica a data e hora do processamento, a área do projeto, o tempo de execução do processamento e a data de obtenção das fotos inicial e final;
- Processing Summary: Sumário dos processamentos realizados indicando a quantidade de imagens processadas, quantidade de pontos da nuvem esparsa e da nuvem densa, o GSD, objetos detectados nas cenas, reconstrução dos objetos, A referencia geográfica e o erro estimado de GPS;
- Imagem da obtenção das fotos com nuvem de pontos ao fundo;
- Resultado dos produtos;
- Survey Data: na Imagem consta a sobreposição de fotos na área de interesse.
- GPS/GCP/3D Erros Details: Indica o erro planimétrico e altimétrico do GPS e do modelo 3D. Na ultima tabela mostra a Acurácia Horizontal e Vertical, absoluta e relativa. Analisamos então a Planimetria no XY (resultante do X e do Y) e altimetria no z. Para tolerância na planimetria tem-se 1,5 x GSD e para tolerância da altimetria tem-se 3 x GSD.

- Feature details: Detalhes das feições num mapa de calor;
- Reconstruction Details mostra Erro de reprojeção normalizada, residual de pixel e residual angular, tanto numérica como em formato de gráfico.
- Track details: Detalhes do trajeto com número de correspondência entre imagens;
- Camera Models Details: Apresenta os fatores de distorção da câmera;

11. Vídeos

Vídeo	Tempo	Tópicos/Resumo
01-A escolha	11:59	Escolha das aeronaves: A escolha da aeronave é uma decisão analítica. Cada modelo de aeronave irá oferecer diferentes benefícios. Algumas variáveis devem ser consideradas: Custo/benefício; aspectos legais; visada; peso; decolagem.
02-Legislação aplicada a RPA Classe 3 – Órgão Público	13:00	Legislação: legislação aplicada a órgão público, mais especificamente a classe 3 que possui maior facilidade de utilização as atividades foco de órgãos públicos (DECEA, ANAC e MD). Histórico: Como foi a evolução da legislação de RPA no Brasil por meio de Circulares, Manuais e Regulamentos específicos de 2017 até a atualidade.
03-RBAC-e 94 (Emd - 03) - 2023	45:22	Regulamento: Essa normativa é dividida em subpartes que trazem as normas de uso de RPA será dado foco nas regras específicas para operação de RPA Classe 3.
04-ICA SARPAS	19:09	ICA 100 – 40 (DECEA): Principais regra da Instrução do Comando aeronáutico do DECEA pra uso de RPA. ZAD – MCA56-5: Explicação do Manual acerca das Zonas de Aproximação e Decolagem e Zonas de restrição de voo junto a aeroportos e helipontos.
05-Avaliação de Risco Operacional	14:49	Instrução Suplementar IS E94-003A que estabelece os procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional.
06-Equipamento	48:32	Linha DJI: Diferenças e potencialidades da linha de aeronaves da DJI; Cuidados básicos: Bateria, Controle, Aeronave, Hélices, Software, Memória, Cuidados Piloto Pilotês: Linguagem utilizada para auxilia a operação do equipamento entre piloto e copiloto. Softwares: Softwares utilizados para pilotagem de equipamentos da DJI e que podem auxiliar o voo (DJI GO 4; DJI FLY; Flightradar). Software utilizados para processamento (Metashape – Agisoft).
07-SISANT	04:25	Cadastro de Equipamento: Tutorial de acesso a página do SISANT informando como cadastrar a aeronave e acessar o certificado para impressão.
08-SARPAS	12:45	Solicitação: Como fazer uma solicitação de voo junto ao SARPAS (DECEA);
09-Parâmetros Básicos	30:36	<ul style="list-style-type: none">Condições de voo: condições básicas para voo;Condições Meteorológicas de voo: Nuvem, vento, chuva e radiação solar. Aplicando-se conceitos como de Janela de voo, Kp, arrastamento entre outros.

		<ul style="list-style-type: none"> Necessidade do Projeto: Condições para escolha do equipamento: Sensor, altitude, resistências, tamanho, aplicativos e outros. Aplicação de conceitos como shutter, e GSD.
10-Aplicações	17:14	Este item busca exibir as potencialidades de aplicação de drones e, após todo arcabouço introdutório, irá permitir que o aluno identifique o equipamento para sua especificidade.
11-Pilotagem	06:27	Exercícios práticos para auxílio na pilotagem e copilotagem de aeronaves remotamente pilotadas. Com os exercícios é possível verificar a destreza com o equipamento e se o piloto e copiloto possuem também noção de profundidade.
Aplicativos de Plano de Voo		
12-Plano de voo	15:37	Apresentação dos aplicativos de plano de voo abordados no curso e sobre pontos de controle.
13-Drone Deploy	30:53	Exemplo de Plano de voo em área rural e com mais de uma bateria, utilizando o aplicativo Drone Deploy.
14-Pix4Dcapture	6:18	Exemplo de Plano de voo em área urbana, utilizando o aplicativo Pix4Dcapture.
15-3DsurveyPilot	7:30	Exemplo de Plano de voo em área urbana, utilizando o aplicativo 3D Survey Pilot.
Softwares de Processamento de imagens de drone		
16-Fotogrametria Digital	9:23	Explore as principais soluções de software para fotogrametria digital, desde opções gratuitas até soluções profissionais, e descubra como elas podem transformar seus projetos com drones.
Metashape		
17-Metashape Configuração	5:18	Configurações iniciais para melhor utilização do software metashape
18-Chessboard	6:59	Calibração de distorções de lente.
19-Imagens e Calibrações	11:49	Como adicionar imagens e fazer calibrações de SGR, câmeras, qualidade de imagem e projeto.
20-Alinhamento e pontaria	17:28	Alinhamento de fotos e otimização de cameras. Configurações necessárias de alinhamento com pontos de apoio (alinhamento 1 e alinhamento 2) e sem pontos de apoio (alinhamento único). No caso do alinhamento em duas etapas é feito entre as etapas a pontaria dos pontos de apoio coletados em campo com GNSS.
21-Nuvem densa de pontos	4:14	Criação do primeiro produto cartográfico, a nuvem densa de pontos que será referência para os processamentos dos modelos seguintes.
22-Classificação	13:06	Como realizar uma classificação automática e uma classificação manual editando e corrigindo classes.
23-Modelo 3d	11:14	Obter uma malha triangular para MDT e MDS. Suavizar malha para MDT
24-DEM	6:15	Gerar MDT e MDS a partir da nuvem de pontos e recortar a área de interesse
25-Curvas de nível	2:43	Geração de curvas de nível a partir do MDT
26-Ortomosaico	10:47	<ul style="list-style-type: none"> Geração de ortomosaico convencional: Gerado a partir do modelo digital do terreno (MDT). Neste ortomosaico os objetos acima do nível do terreno poderão ter vista perspectiva, variação de tamanho e ocultação de objetos, dependendo do ângulo de visão do centro de projeção, ou seja, objetos representados inclinados. Geração de ortomosaico verdadeiro: Gerado a partir do modelo digital de Superfície (MDS). Objetos acima do nível do terreno estarão em vista ortogonal, tamanho ajustado ao MDS (tamanho real) e sem ocultação de objetos independentemente do ângulo de visão do centro de projeção. Edições para escolha de melhor imagem para o ortomosaico.
27-Tiled Model	4:03	Adequação do modelo 3D convertendo as imagens em blocos 3D para

		melhoramento da visualização do modelo.
28-Medidas	6:59	Como realizar medidas de perímetro e área no metashape com perfil topográfico e cálculo de volume.
29-Exportações	17:07	Como exportar os produtos gerados.
30-Relatórios	14:37	Avaliação de qualidade dos produtos, identificação de erros para melhoria nos processamentos e relatoria do projeto.
WebODM – Open Drone Map		
31-Instalação do WebODM	10:00	Instalação manual do Open Drone Map no Windows
32-Interface	3:35	Abrindo o WebODM e conhecendo sua interface
33-Pontaria	14:38	Realizando pontaria no GPC
34-Processamento	8:49	Como criar um projeto e configurar o WebODM para o processamento dos dados
35-Visualização de resultados	12:16	Visualização 2D e 3D dos resultados obtidos no WebODM
36-Curva de nível	3:28	Geração de curva de nível no WebODM
37-Medições	6:01	Ferramentas de medição disponíveis no WebODM
38-Adicionar e Recortar	4:14	Como adicionar dados vetoriais. Como realizar um recorte de área.
39-Download	4:16	Onde realizar o download dos produtos obtidos no WebODM
40-Relatório	6:11	Como gerar o relatório e quais os dados disponíveis no mesmo.
Extra		
41-Comparativo	18:49	Comparativo Metashape e WebODM

Tabela 28 Índice de Vídeos

12. Referencial

Agisoft Metashape User Manual – Professional Edition, Version 2.0. Agisoft. Disponível em:<https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_en.pdf>. Acesso em: 28/12/2023.

BRASIL. Decreto-Lei 1.177, de 21 de junho de 1971. Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 jun. 1971.

BRASIL. Decreto 2.278, de 17 de julho de 1997. Regulamenta o Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971, que dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jun. 1997.

BRASIL. Decreto 89.817, de 20 de julho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jul. 1984.

Fundamentos de aerofotogrametria. Universidade Federal da Bahia – UFBA. Disponível em: <<http://www.topografia.ufba.br/nocoes%20de%20aerofotogrametriapdf.pdf>>. Acesso em: 14/11/2024

ICA 100-40 - Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro (Versão 2023). DECEA. Disponível em:<<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>>. Acesso em: 28/12/2023.

Instrução Suplementar IS E94-003A - Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas. ANAC. Disponível em:<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/e94-003/@@display-file/arquivo_norma/ISE94-003A%20-%20Retificada.pdf>. Acesso em: 19/11/2024.

Manual técnico para georreferenciamento de imóveis rurais 2ª edição. SIGEF. Disponível em:<https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_geo_imoveis.pdf>. Acesso em: 28/12/2023.

MCA 56-5 - Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em operações especiais. (compilação dos manuais de operações especiais, diferenciadas e emergenciais – MCA 56-1; MCA 56-3 e MCA 56-4). DECEA. Disponível em:<<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/mca-56-5>>. Acesso em: 28/12/2023.

Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais. 2016 1ª Edição. Exército Brasileiro. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=357&lang=pt>. Acesso em: 24/01/2024.

Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais. Versão 3.0. Exército Brasileiro. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=354&lang=pt>. Acesso em: 24/01/2024.

Phantom 4 RTK – User Manual (v2.6). DJI. Disponível em:<https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_rtk/20230921/Phantom_4_RTK_User_Manual_v2.6_EN.pdf>. Acesso em: 28/12/2023.

Portaria GM-MD nº 3.703/21. Dispõe sobre os procedimentos, prazos para resposta dos atos requeridos junto ao Ministério da Defesa e estabelecimento dos níveis de riscos relativos à atividade de aerolevantamento no



território nacional. Ministério da Defesa. Disponível em:< https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/cartografia/divcar/legislacao/portaria3703_aerolevantamento_sei_06_09_2021.pdf>. Acesso em: 29/12/2023.

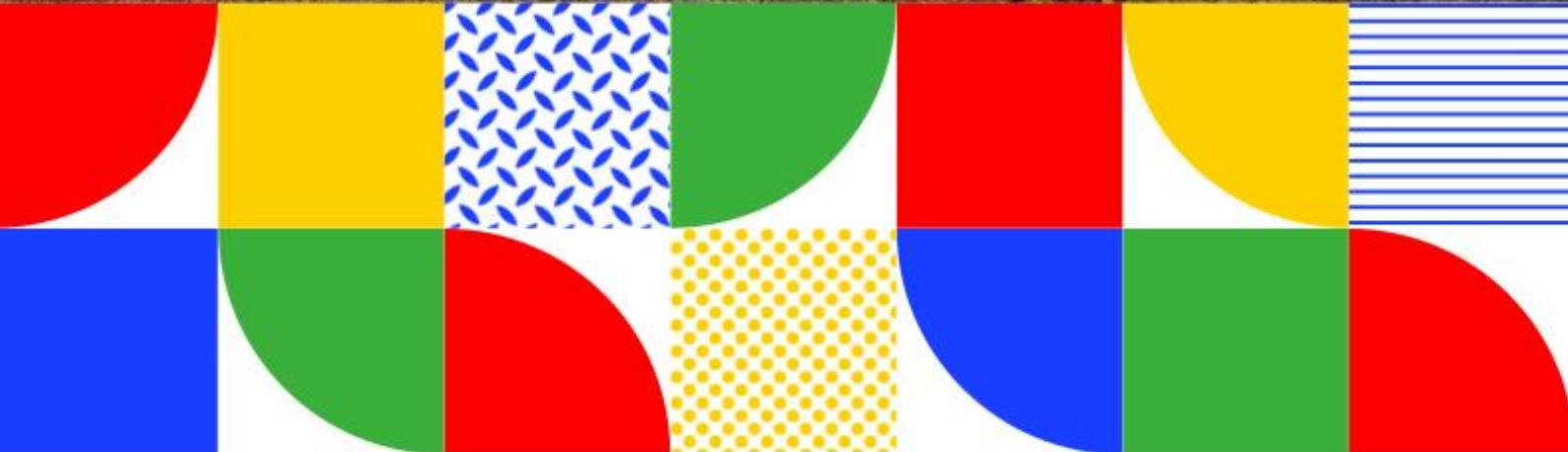
Processamento de imagens de Drones com WebODM (Web Open Drone Map). OpenCourseWare for GIS. Disponível em: < <https://courses.gisopencourseware.org/mod/book/tool/print/index.php?id=580#ch1683>>. Acesso em: 13/11/2024.

Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial - RBAC-E 94 EMD 03. ANAC. Disponível em:< <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>>. Acesso em: 28/12/2023.

Sistema para Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas. DECEA. Disponível em:< <https://www.decea.mil.br/static/uploads/2024/01/Tutorial-SARPAS-2024.pdf>>. Acesso em: 24/01/2024.



Foto: Antônio Afonso Cordeiro



SPU
SECRETARIA DO
PATRIMÔNIO DA UNIÃO

MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO
EM SERVIÇOS PÚBLICOS

GOVERNO FEDERAL
BRAZIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO