



PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO NO MONITORAMENTO DA DINÂMICA SEDIMENTAR DE PRAIAS

JOÃO PAULO GAYA

Orientador: Dr. THIAGO PEREIRA ALVES

Coorientador: M. Sc. LUIZ CARLOS DOS SANTOS CÓRDOVA JÚNIOR

Coorientador: Dr. MARCOS LEANDRO DOS SANTOS

Florianópolis (SC)

Agosto de 2021

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Passo 1: Menu.....	2
Figura 2 – Passo 2: Mapa.	2
FIGURA 3 – Passo 3: Discriminação do polígono, definição de altitude de voo, batismo do projeto.....	3
FIGURA 4 – Passo 3: Detalhamento do voo gerado pelo programa.	4
FIGURA 5 – 1° e 2° Passos da solicitação do voo.	5
FIGURA 6 – 3° Passo: Princípio de Sombra.	5
FIGURA 7 – 4° Passo: Localização da Operação.	6
FIGURA 8 – 5° Passo: Dados da Operação.....	7
FIGURA 9 – 6° Passo: Formas de Comunicações.	7
FIGURA 10 – 7° Passo: Declaração de ciência e enviar solicitação.....	8
FIGURA 11 – 8° Passo: Imprimindo o voo aprovado.....	9
FIGURA 12 – Detalhes do voo aprovado.	9
FIGURA 13 – Montagem da pista de pouso. A) Pista na embalagem de transporte. B) Pista de pouso dobrada junto com os ganchos de fixação. C) Pista de pouso montada e fixada ao solo.	10
FIGURA 14 – Montagem do equipamento. A) VANT na embalagem de transporte. B) VANT fora da embalagem. C) Dois pares de hélices. D) Hélice com detalhe preto e suporte com detalhes (círculos) pretos. E) Hélice com detalhe prata e suporte branco, sem detalhes. F) VANT com as hélices instaladas.	11
FIGURA 15 – Checagem da carga da bateria. A) Apertar o botão “ligar”. B) Luzes acesas indicam que a bateria está com carga completa.	12
FIGURA 16 – Instalação da bateria no VANT. A) Local onde deve ser feita a instalação (encaixe). B) Bateria devidamente instalada.	12
FIGURA 17 – Remoção do protetor (trava) do gimbal. A) Câmera e gimbal com o protetor. B) Protetor removido.	13
Figura 18 – Ligação do controle remoto. A) Pressionar por alguns segundos o botão “ligar/desligar”. B) Controle remoto ligado, com as luzes mostrando a carga completa da bateria.	13
FIGURA 19 – Acesso ao aplicativo DroneDeploy e ao voo planejado. A) Tablet. B) Seleção do aplicativo instalado no tablet. C) Tela com o voo planejado.	14

FIGURA 20 – Conexão do tablet com o controle remoto. A) Conexão via cabo USB. B) Clicar no botão “iniciar o checklist” do voo. C) Checklist concluído. D) Clicar no botão “Iniciar o voo”.	14
FIGURA 21 – Embalagem antichama própria para o armazenamento de baterias. .	15
FIGURA 22 – 2º passo: salvar o projeto.....	16
FIGURA 23 – 3º passo: importar as fotos.	17
FIGURA 24 – Fotos importadas para o programa.	17
FIGURA 25 – Remoção de fotos indesejadas. Selecione a foto e clique em “X” para remover.....	18
FIGURA 26 – Conversão do sistema de coordenadas.	18
FIGURA 27 – Conversão do sistema de coordenadas com a seleção do DATUM e zona.	19
FIGURA 28 – Alinhar fotos.....	19
FIGURA 29 – Preenchimento da caixa de diálogo.	20
FIGURA 30 – Preenchimento da caixa de diálogo.	20
FIGURA 31 – Gerar DEM.....	21
FIGURA 32 – Gerar DEM.....	21
FIGURA 33 – Resultado do processamento do DEM.	22
FIGURA 34 – Gerar Ortofoto.....	22
FIGURA 35 – Gerar DEM.....	23
FIGURA 36 – Ortofoto.....	24
FIGURA 37 – Guia “Reference”.	24
FIGURA 38 – Importar o arquivo .txt com os pontos de controle.....	25
FIGURA 39 – Caixa de diálogo de importação dos pontos de controle.	26
FIGURA 40 – Detalhes da importação dos pontos de controle.	26
FIGURA 41 – Pontos de controle sobre o levantamento.	27
FIGURA 42 – Edição dos pontos de controle.	27
FIGURA 43 – Mosaico da fotointerpretação.	28
FIGURA 44 – Excluindo a ortofoto e o ortomosaico.	30
FIGURA 45 – Excluindo o DEM.	31
FIGURA 46 – Confirmação da exclusão do DEM.....	31
FIGURA 47 – Alinhar fotos.....	32
FIGURA 48 – Criar o “Dense Cloud”.....	32
FIGURA 49 – Preenchimento da caixa de diálogo.	33

FIGURA 50 – Classificação dos pontos do levantamento.	34
FIGURA 51 – Processo de classificação dos pontos do levantamento propriamente dito.	34
FIGURA 52 – Preenchimento da caixa de diálogo.	35
FIGURA 53 – Pontos classificados.	36
FIGURA 54 – Ferramenta de seleção para excluir pontos indesejados.	36
FIGURA 55 – Levantamento após exclusão dos pontos indesejados.	37
FIGURA 56 – Construindo o modelo.	37
FIGURA 57 – Preenchimento da caixa de diálogo.	38
FIGURA 58 – Preenchimento da caixa de opções.	38
FIGURA 59 – Construção do Tiled Model.	39
FIGURA 60 – Opções da caixa de texto.	39
FIGURA 61 – Construção do DEM corrigido.	40
FIGURA 62 – Caixa de comando.	41
FIGURA 63 – Seleção das classes de pontos.	42
FIGURA 64 – DEM corrigido.	42
FIGURA 65 – Gerando a Ortofoto retificada.	43
FIGURA 66 – Caixa de diálogo.	44
FIGURA 67 – Gerando curvas de nível.	45
FIGURA 68 – Preenchimento da caixa de diálogo.	45
FIGURA 69 – Curvas de nível.	46
FIGURA 70 – Ferramenta de desenho.	46
FIGURA 71 – Desenho da poligonal sul.	47
FIGURA 72 – Comando para realizar os cálculos.	48
FIGURA 73 – Cálculos realizados. A) Perímetro e área. B) Gráfico de perfil. C) Cálculo de volume.	48
FIGURA 74 – Customização para o cálculo de volume a partir de uma cota de referência.	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Passo a passo do ajuste dos pontos de controle nas imagens.	28
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APP	Área de Preservação Permanente
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul ou Anticiclone do Atlântico Sul
ATC	Air Traffic Control – Controle de Tráfego Aéreo
ATS	Air Traffic Services – expressão genérica que se aplica, segundo os casos, aos serviços de controle de tráfego aéreo, serviço de informação de voo, serviço de alerta e serviço de assessoramento
Cfa	Sigla do clima subtropical úmido de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger de 1900
cm	centímetro
cm/px	centímetro por pixel
CTTMar	Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar
DATUM	Modelo matemático teórico de representação da superfície da Terra ao nível do mar utilizado pelos cartógrafos numa dada carta ou mapa
DCEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DEM	Digital Elevation Model – Modelo Digital de Elevação
DJI	Dà-Jiǎng Innovations
EPSG	European Petroleum Survey Group – Grupo de Pesquisa Petrolífera Europeia
FUMAN	Fundação Municipal do Meio Ambiente de Navegantes
GNSS	Global Navigation Satellite System – Sistema Global de Satélites de Navegação
GPS	Global Position System – sistema de posicionamento global
IAN	Instituto Ambiental de Navegantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
Km	Quilômetro
Km/h	quilômetro por hora
Km ²	quilômetro quadrado

m	Metro
m ³	metro cúbico
m ²	metro quadrado
mm	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
Mp	Megapixels
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RPA	Remotely Piloted Aircraft – aeronaves remotamente pilotadas
R\$	reais
SARPAS	Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. Sistema cuja origem e orientação é geocêntrica, ou seja, adota um referencial que tem a origem dos seus três eixos cartesianos localizada no centro de massa da Terra. Utiliza como referência os sistemas globais de navegação (posicionamento) por satélites GNSS
Ton.	tonelada
3D	três dimensões
.txt	Extensão de arquivo para arquivos de texto que não contém formatação
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
USB	Universal Serial Bus – porta universal
UTM	Universal Transversa de Mercator – sistema de coordenadas cartesianas bidimensional para dar localizações na superfície da Terra
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VFR (V)	Visual Flight Rules – Regras de voo visual
VLOS	Visual Line-of-sight – operações com drones que ocorrem em condições meteorológicas visuais
Vol.	volume
WGS84	World Geodetic System 1984
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

% – percentual

°C – graus Celsius

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	VIII
SUMÁRIO	IX
1. PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NO MONITORAMENTO DA DINÂMICA SEDIMENTAR DE PRAIAS	1
1.1 Elaboração do plano de voo	1
1.2 Autorização do voo	4
1.3 Execução do voo	9
1.4 Processamento do voo	16
2. CONCLUSÕES	50

1. PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NO MONITORAMENTO DA DINÂMICA SEDIMENTAR DE PRAIAS

O procedimento operacional detalhado das etapas envolvidas na utilização do VANT no monitoramento da dinâmica sedimentar é apresentado de forma simples e detalhada de modo a possibilitar a sua operacionalização de um drone registrado por uma pessoa devidamente habilitada. A seguir é apresentado o passo a passo, desde o planejamento do voo, a obtenção de autorização de voo, a preparação do equipamento e processamento dos levantamentos.

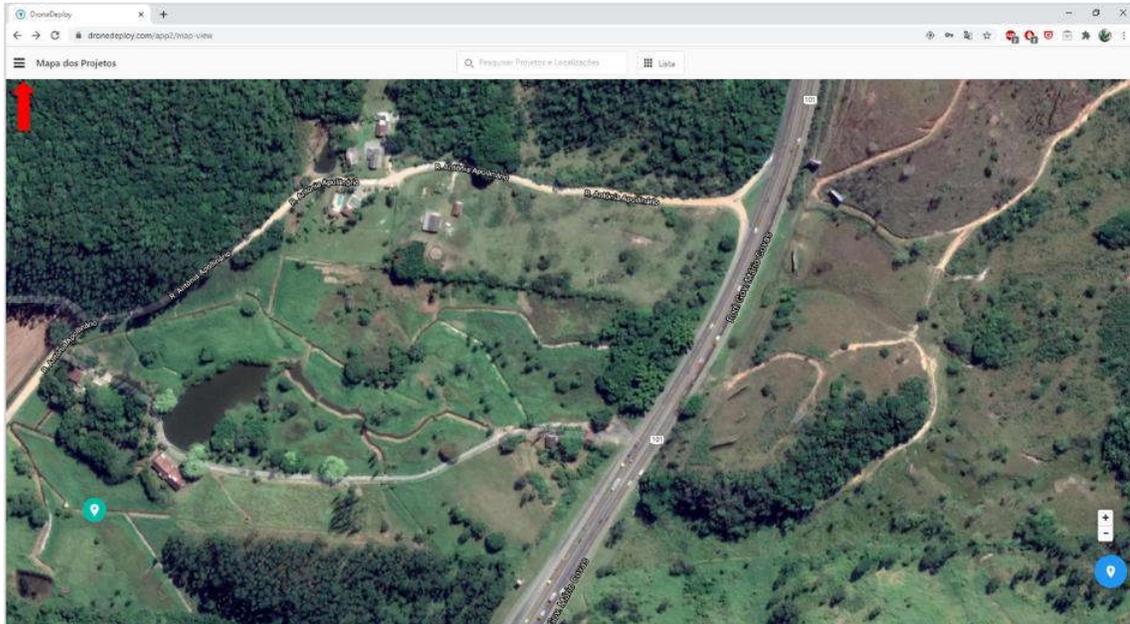
1.1 Elaboração do plano de voo

O plano de voo deve ser elaborado no site DroneDeploy no endereço eletrônico:

<https://www.dronedeploy.com/app2/auth/signin>

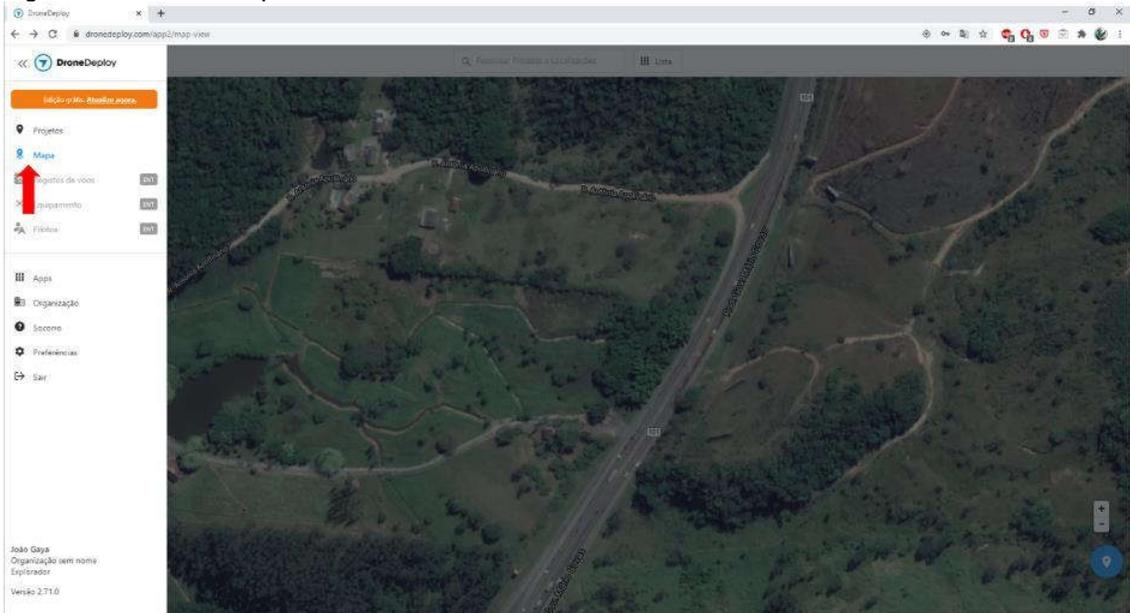
Primeiramente deve-se abrir uma conta no site, e preenchido um formulário, registrando um e-mail e uma senha de acesso. Depois de efetuado o login, deve-se clicar em “Menu” (Figuras 1 – Passo 1), e na sequência “Mapa” (Figura 2 – Passo 2).

FIGURA 1 – Passo 1: Menu.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2 – Passo 2: Mapa.

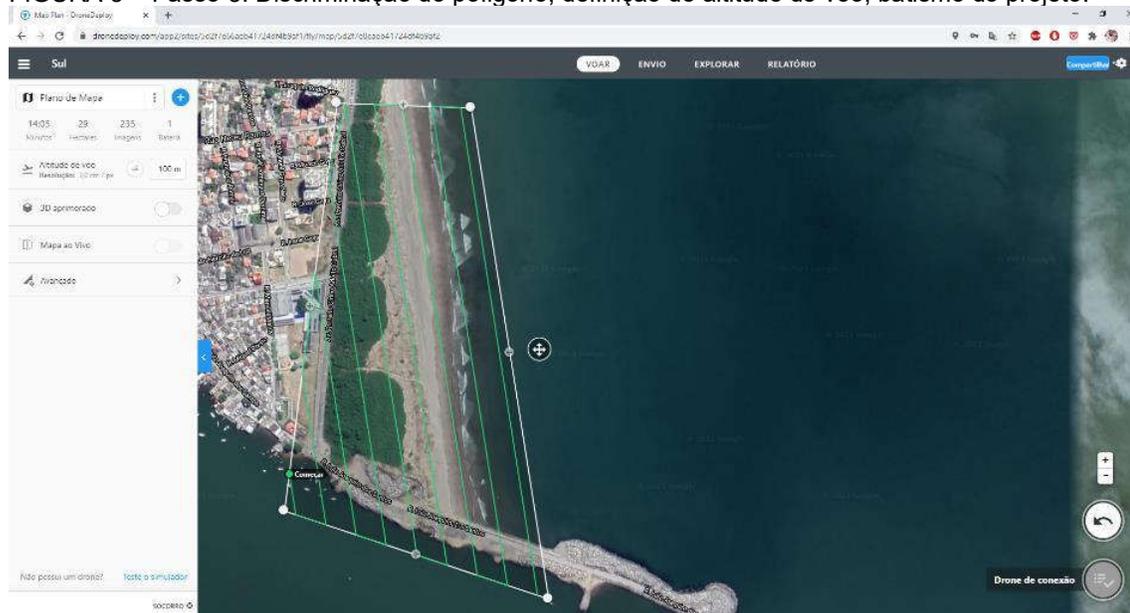


Fonte: Elaborado pelo autor.

Abriará um polígono que deve ser arrastado para a área onde se pretende elaborar o plano de voo. A elaboração do plano de voo deve-se levar em consideração que para a geração da Ortoimagem há a necessidade de sobreposição lateral e frontal das imagens. Portanto, tanto a área frontal quanto lateral devem ser ampliadas para uma melhor definição das imagens no momento do processamento. Depois de

discriminado o polígono, deve-se definir a altitude do voo e nomear o projeto (Figura 3 – Passo 3), tomando o cuidado de salvar.

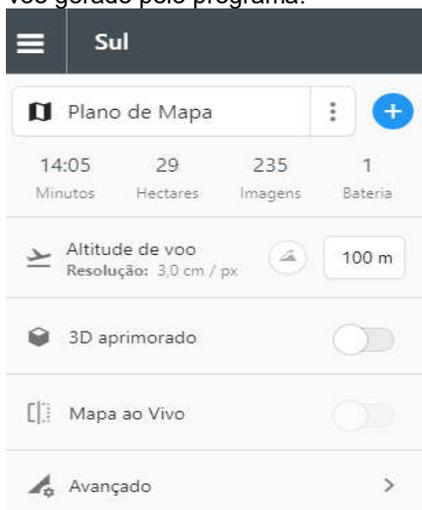
FIGURA 3 – Passo 3: Discriminação do polígono, definição de altitude de voo, batismo do projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante uma visita prévia ao local para verificar a existência de morros, edifícios ou quaisquer outras estruturas que possam ser obstáculos para o VANT. Nesse caso em específico, a altitude do voo foi definida em 100 metros. O programa então desenvolve o trajeto do equipamento (linhas verdes). Estima o tempo de voo, a área coberta (em hectares), o número de imagens obtidas, a quantidade de baterias utilizadas e a resolução (cm/px), conforme detalhes apresentados na Figura 4 (Passo 3). De acordo com o detalhamento do voo gerado pelo programa, o voo na região Sul (Pontal), teve uma duração estimada em 14 minutos e 5 segundos, cobre uma área de 29 hectares, capta um total de 235 imagens e demanda de uma bateria. O voo foi realizado a uma altura de 100 metros, tendo uma resolução de 3 cm/px.

FIGURA 4 – Passo 3: Detalhamento do voo gerado pelo programa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

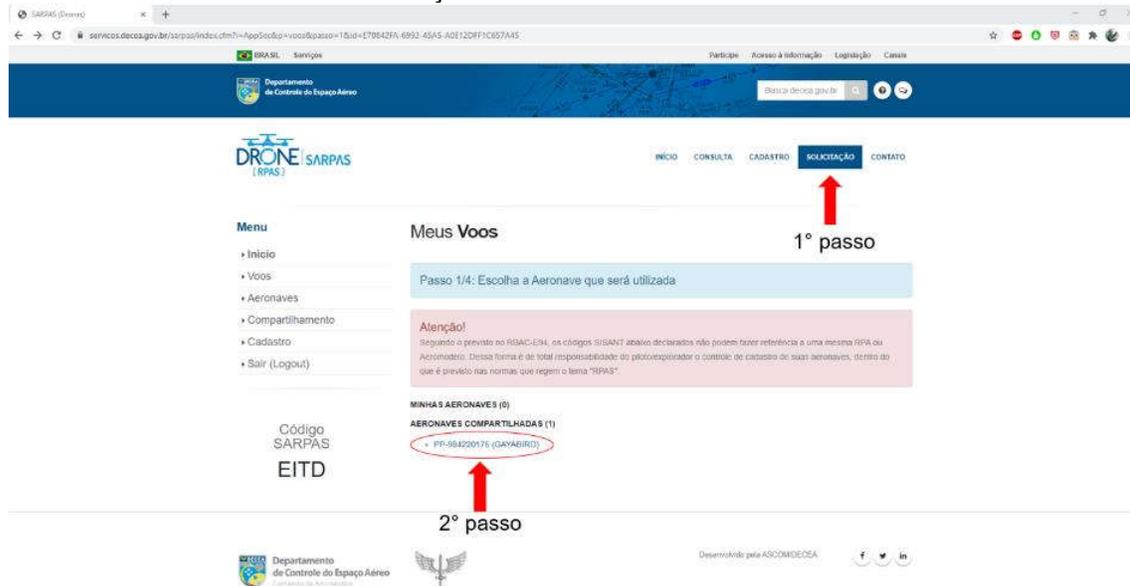
1.2 Autorização do voo

As autorizações de voo devem ser obtidas no Departamento de Controle de Espaço Aéreo no endereço:

<https://servicos.decea.gov.br/sarpas/?CFID=296cff3c-89cd-4563-9257-af295a9762ce&CFTOKEN=0&login=3642D56F-1EE7-4B54-8D61CD7CBAB2DCCD&msg=logout>

Da mesma forma, primeiramente deve-se abrir uma conta no site, e preenchido um formulário, registrando um e-mail e uma senha de acesso. Tanto o operador quanto o VANT deverão estar devidamente registrados junto à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Depois de efetuado o login, deve-se clicar em Solicitação (1º Passo), e na sequência no nome da aeronave (2º Passo), conforme demonstrado na Figura 5.

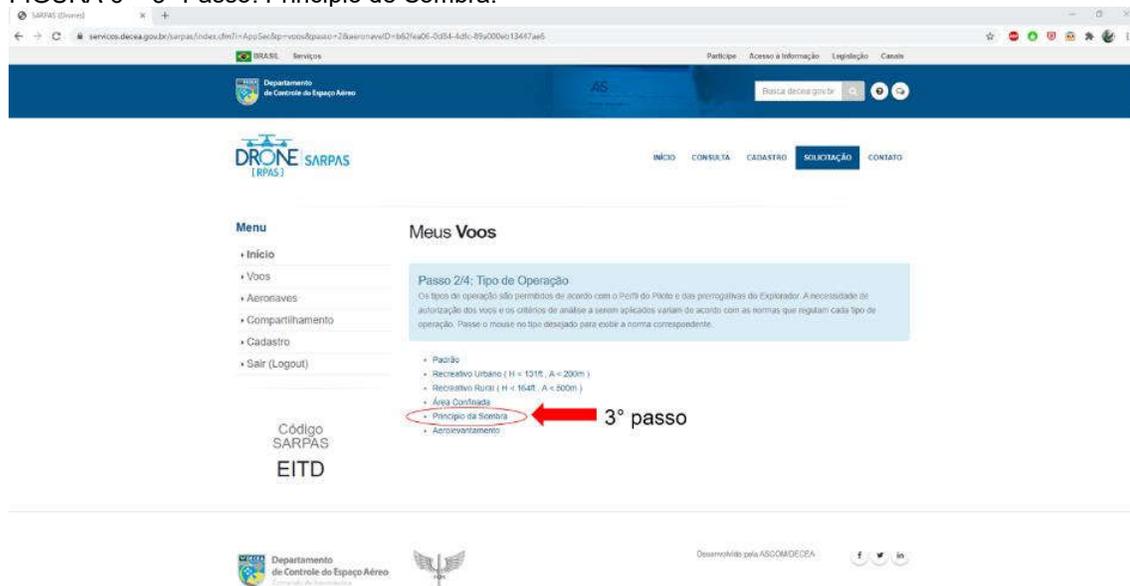
FIGURA 5 – 1º e 2º Passos da solicitação do voo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tela seguinte deve-se clicar no ícone Princípio de Sombra (Figura 6 – 3º Passo).

FIGURA 6 – 3º Passo: Princípio de Sombra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tela seguinte deve-se informar a “Localização da Operação” com a definição do “ponto de decolagem”, que pode ser obtido através de um mapa (Figura 7 – 4º Passo).

FIGURA 7 – 4º Passo: Localização da Operação.

Meus Voos

Passo 3/4: Localização da Operação

Nesse passo você deve definir o local da Operação, que consiste no local exato de decolagem da aeronave. Caso já tenha as coordenadas, você pode preencher os campos latitude e longitude (no formato indicado pelo exemplo). O local exato será exibido no mapa e será necessário confirmar, clicando em "Definir Ponto de Decolagem", para passar para próxima etapa. Caso não tenha as coordenadas, pode usar diretamente o mapa. Basta clicar no local exato da decolagem e confirmar. A caixa de busca na parte superior do mapa pode auxiliar.

Importante: Os chocalos vermelhos indicam um raio de 3NM de um aeródromo. Nessas áreas o prazo de análise é no máximo de 2 dias úteis.

Latitude: Exemplo: -15.300782150387858
Longitude: Exemplo: -47.88116455078125 [Exibir no Mapa](#)

Código SARPAS: EITD

Definir como ponto de decolagem ← 4º passo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tela seguinte deve-se preencher o formulário com as informações da operação, sendo um “Nome”, o “Tipo da Operação” – VLOS, a “Regra de Voo” – VFR (V), a “Janela de Operação”, definindo o “Início” e o “Fim” (dias), e a “Hora inicial da Janela” e a “Hora final da Janela”. É importante considerar alguns aspectos para a definição da hora, sobretudo com relação à iluminação natural (pouca incidência de iluminação natural prejudica a nitidez das imagens) e, dependendo da região e época do ano, uma maior incidência de vento ou propensão à chuva. Ventos de maior intensidade comprometem a durabilidade da bateria, o que pode afetar consideravelmente o tempo para a realização do levantamento. Os fabricantes da maioria dos VANTS não recomendam voos com chuva sob risco de danificar os equipamentos. Por isso se recomenda escolher uma janela de operação compreendida entre um ou dois dias, e início pela manhã e fim ao final da tarde. No ícone “Trajeto Requerido, clicar em “Área” e inserir um raio de 30 metros. Importante também definir a altura do voo, tentando-se à unidade de medida, neste caso pés (Figura 8). Considerando a medida do pé (0,3048 m), e a altura planejada para o voo (100 m), deve-se dividir a altura pela medida do pé ($100 \div 0,3048 = 329$ pés).

FIGURA 8 – 5º Passo: Dados da Operação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência preencher as formas de “Comunicações”, tanto “Com órgão ATS” quanto “Entre o Piloto Remoto e Observador da RPA”, sendo que em ambos deve ser selecionada a opção “TELEFONIA CELULAR” (Figura 9).

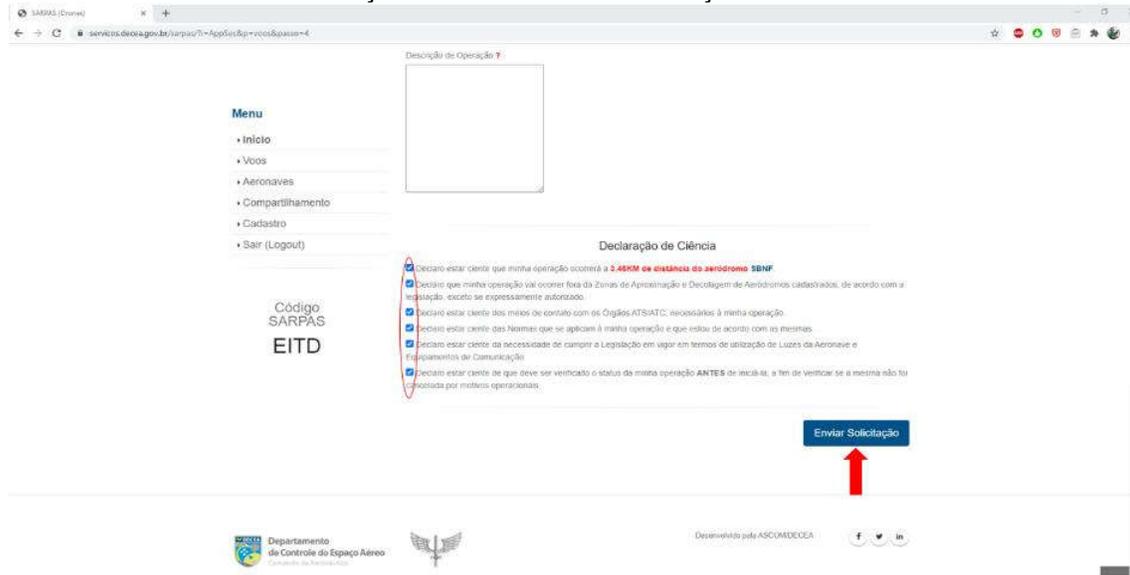
FIGURA 9 – 6º Passo: Formas de Comunicações.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tela abrirá a “Declaração de Ciência”, devendo ser informada a distância do aeródromo mais próximo; que o voo irá ocorrer fora das zonas de aproximação e decolagem de aeródromos cadastrados; dos meios de contato com os Órgãos ATS/ATC; as normas que se aplicam à operação; da necessidade de cumprir a Legislação em vigor com relação à iluminação da aeronave e equipamentos de

comunicação; bem como verificação do status da operação ANTES de iniciá-la. Todas as opções devem ser assinaladas e na sequência clicar no ícone “Enviar Solicitação”, conforme demonstrado na Figura 10.

FIGURA 10 – 7º Passo: Declaração de ciência e enviar solicitação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois de conferidas as informações, o sistema emite a autorização de voo. Ao clicar no ícone “Ver” (Figura 11), o sistema abre os detalhes do voo (Figura 12). É importante que o operador leve impresso uma cópia da autorização, e que esteja sempre de posse dos documentos de registro do VANT e seus documentos de identificação.

FIGURA 11 – 8º Passo: Imprimindo o voo aprovado.

The screenshot shows the SARPAS Drone web interface. The main navigation bar includes 'INÍCIO', 'CONSULTA', 'CADASTRO', 'SOLICITAÇÃO', and 'CONTATO'. The 'Meus Voos' section displays a table of flight requests. A red arrow points to the 'Imprimir' button for the flight with ID 189302 (REGÃO SUL).

Status	Protocolo (Apelido)	Operação	Piloto	Aeronave	Ações
Aprovado	189302 (REGÃO SUL)	15.07.2020	EITD	PP-954220175 (GARABIRD)	Imprimir, Cancelar, Clonar

Fonte: Elaborado pelo autor.

FIGURA 12 – Detalhes do voo aprovado.

The screenshot shows the 'SOLICITAÇÃO DE VOO #189302' page, which is marked as 'APROVADO'. It displays the following details:

- Operação:**
 - Solicitante: JOÃO PAULO GAVA
 - Flutu: 3 (Principio da Sombra / CA 100-40)
 - Tipologia: VLOSBY
- Equipamento:**
 - Nº SRSANT PP: 964220176
- Localização:**
 - Decolagem: Lat: -26.908983, Long: -48.643266
 - Destino: Lat: -26.908983, Long: -48.643266
 - Altura: 30m
 - Altura: 329ft
- Piloto:**
 - Nome: JOÃO PAULO GAVA
 - Código: EITD
 - CPF: 929.111.111-66
- Comunicações:**
 - Código de Chamada: RPA-EITD-78
 - ATIS: TELEFONIA CELULAR
 - Piloto: TELEFONIA CELULAR
- RPS (1):**

RPS	Lat/Long	Telefone
JOÃO PAULO GAVA	-26.908983, -48.643266	(87) 99422-0176

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3 Execução do voo

Depois de elaborado o plano de voo e ter obtido a autorização junto ao DCEA, é hora da sua execução. Estando no local previsto para a decolagem, deve-se primeiramente observar as condições do tempo, sobretudo com relação à ventos fortes, possibilidade de chuva e nevoeiro. Estando as condições adequadas, é possível executar o voo, conforme procedimento a seguir:

- 1) Montar a pista de pouso (Figura 13). Caso o operador não possua uma pista de pouso própria, sugere-se que se estenda um pano ou plástico para evitar que partículas sejam suspensas nos momentos de decolagem e pouso. Essas partículas podem danificar o equipamento.

FIGURA 13 – Montagem da pista de pouso. A) Pista na embalagem de transporte. B) Pista de pouso dobrada junto com os ganchos de fixação. C) Pista de pouso montada e fixada ao solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 2) Retirar o VANT da embalagem de transporte e fazer a sua montagem (Figura 14). Inicialmente deve-se fazer a instalação das hélices. Notar que o equipamento possui dois pares de hélices com detalhes em cores diferentes. Os suportes de montagem também têm cores diferentes. As hélices devem ser montadas nos suportes com detalhes da mesma cor.

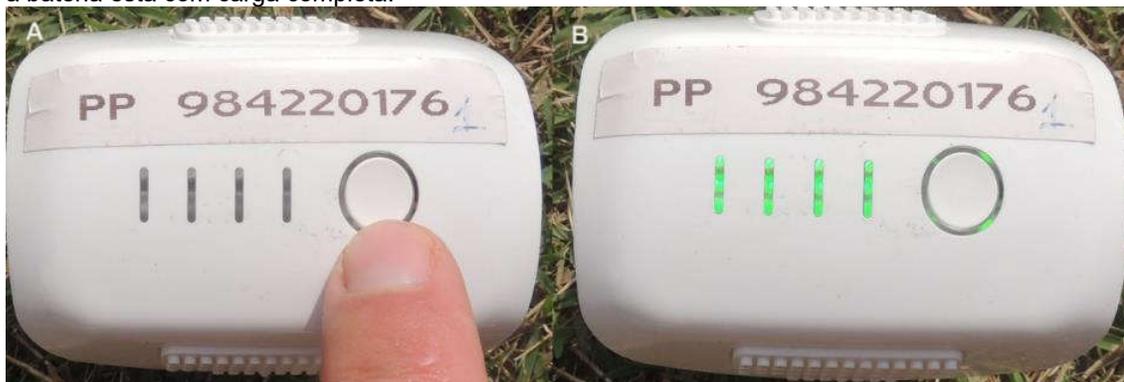
FIGURA 14 – Montagem do equipamento. A) VANT na embalagem de transporte. B) VANT fora da embalagem. C) Dois pares de hélices. D) Hélice com detalhe preto e suporte com detalhes (círculos) pretos. E) Hélice com detalhe prata e suporte branco, sem detalhes. F) VANT com as hélices instaladas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 3) Verificar a carga da bateria (Figura 15), apertando rapidamente o botão de “ligar”, e observar as luzes que se acendem indicando o nível de carga da bateria. É sempre recomendado que a bateria esteja com a sua carga completa para a realização de voos. Isso permite uma maior autonomia, e por consequência, um melhor aproveitamento do voo.

FIGURA 15 – Checagem da carga da bateria. A) Apertar o botão “ligar”. B) Luzes acesas indicam que a bateria está com carga completa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 4) Instalar a bateria no VANT (Figura 16). A bateria deve ser instalada desligada no VANT, devendo-se fazer uma verificação se está devidamente encaixada no local adequado.

FIGURA 16 – Instalação da bateria no VANT. A) Local onde deve ser feita a instalação (encaixe). B) Bateria devidamente instalada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 5) Remover o protetor (trava) do gimbal (Figura 17). O gimbal é o suporte onde fica instalado o sensor (câmera) do VANT. O protetor é uma peça acrílica transparente que deve ser removida antes de ligar o VANT sob pena de provocar danos ao mecanismo do gimbal e à câmera.

FIGURA 17 – Remoção do protetor (trava) do gimbal. A) Câmera e gimbal com o protetor. B) Protetor removido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 6) Ligar o controle remoto (Figura 18) e verificar a sua carga através das luzes acesas. A exemplo da bateria, é sempre importante que a carga do controle esteja completa.

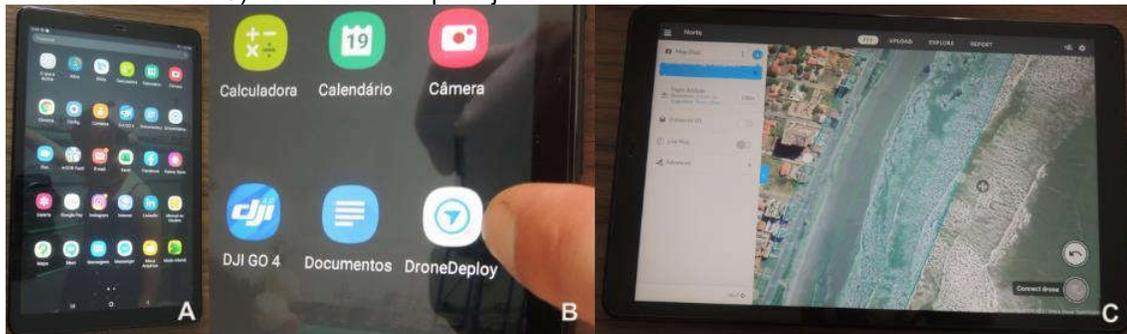
Figura 18 – Ligação do controle remoto. A) Pressionar por alguns segundos o botão “ligar/desligar”. B) Controle remoto ligado, com as luzes mostrando a carga completa da bateria.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 7) Acessar o aplicativo DroneDeploy (Figura 19) ou site, clicando no voo planejado. O acesso pode ser feito via celular ou tablet conectados à internet.

FIGURA 19 – Acesso ao aplicativo DroneDeploy e ao voo planejado. A) Tablet. B) Seleção do aplicativo instalado no tablet. C) Tela com o voo planejado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 8) Conectar o tablet ou celular ao controle remoto (Figura 20), através de um cabo USB. Automaticamente o aplicativo irá perguntar se “aceita a conexão”. Após aceitação, o aplicativo se comunicará com o equipamento e deve-se clicar em “checklist do voo”. Concluído o checklist, basta clicar no botão “Iniciar voo”, que o equipamento decola e inicia o levantamento, realizando o voo planejado.

FIGURA 20 – Conexão do tablet com o controle remoto. A) Conexão via cabo USB. B) Clicar no botão “iniciar o checklist” do voo. C) Checklist concluído. D) Clicar no botão “Iniciar o voo”.

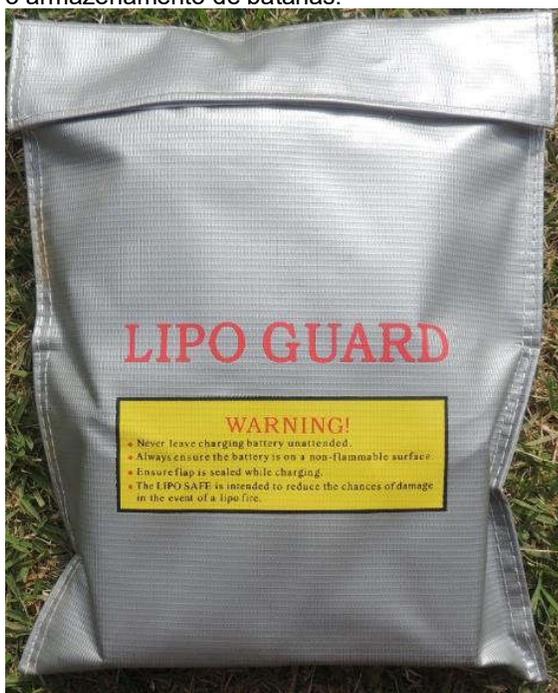


Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o voo é possível verificar a localização do VANT na tela do tablet ou celular. Recomenda-se, no entanto, que o monitoramento visual da localização deve ser também realizado, tomando sempre o cuidado com o trajeto a ser percorrido. Ao concluir o voo, o VANT retorna sozinho ao local de decolagem. Nesse momento o VANT emite um aviso sonoro pelo controle remoto, indicando que está aterrissando. A aterrissagem pode também ser realizada manualmente pelo operador.

Após o VANT pousar, o seu desligamento é automático. Somente após a parada completa das hélices deve-se tocar no VANT. Recomenda-se primeiro retirar as hélices; na sequência a bateria; e, por fim, recolocar o protetor do gimbal. Não é recomendado guardar o VANT com a bateria. Recomenda-se que as baterias sejam armazenadas em embalagens antichamas apropriada (Figura 21). O VANT deve então ser disposto em sua embalagem, e a pista de pouso deve ser desmontada e guardada.

FIGURA 21 – Embalagem antichama própria para o armazenamento de baterias.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em casos de levantamentos onde os voos têm duração superior a 20 minutos, serão usadas duas ou mais baterias. Quando a carga atinge 25% da sua capacidade de carga, o VANT retorna automaticamente para o ponto de decolagem para a troca de baterias. Após a troca e religamento do VANT, o aplicativo irá perguntar se deve

ser “reiniciado o levantamento”, devendo-se responder afirmativamente. O VANT decola novamente e reinicia o levantamento do ponto onde parou. Todo o procedimento restante é o mesmo já descrito.

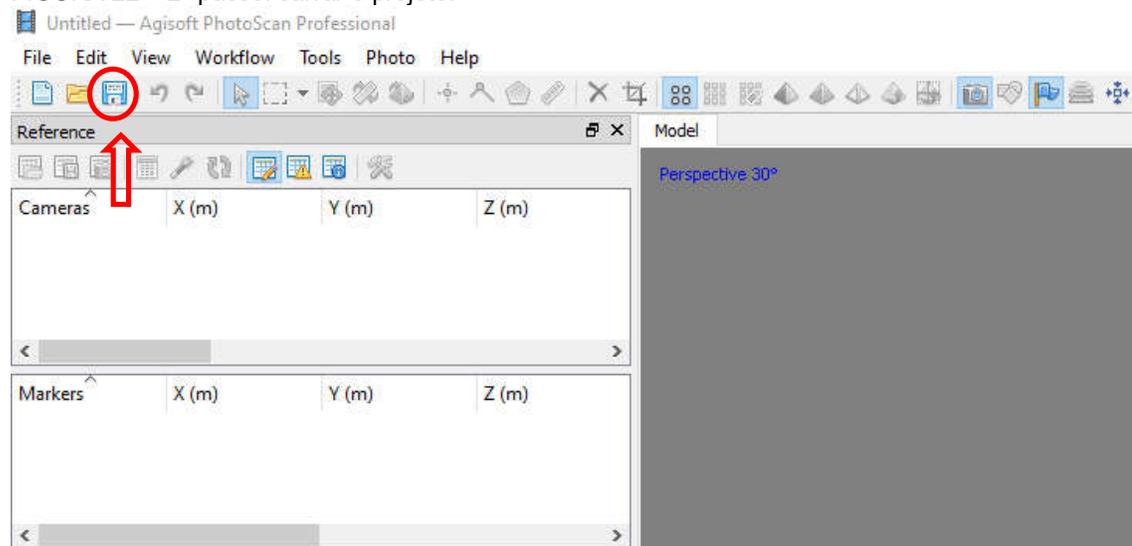
1.4 Processamento do voo

Concluído o voo, o primeiro procedimento a ser adotado é descarregar (baixar) as fotos do levantamento. Isso pode ser feito conectando o VANT diretamente ao computador através de um cabo USB, ou removendo o seu cartão de memória e inserindo em um leitor também no computador. Recomenda-se a criação de uma pasta com o nome do levantamento e descarregar as imagens de cada levantamento na sua respectiva pasta. Realizar o processamento no software Agisoft PhotoScan, conforme é apresentado a seguir:

1° Passo: abrir o programa selecionando o mesmo no desktop do seu computador.

2° Passo: salvar o projeto clicando no ícone salvar (SAVE), colocando o nome e alocando no diretório desejado para o projeto em seu computador, conforme demonstrado na Figura 22.

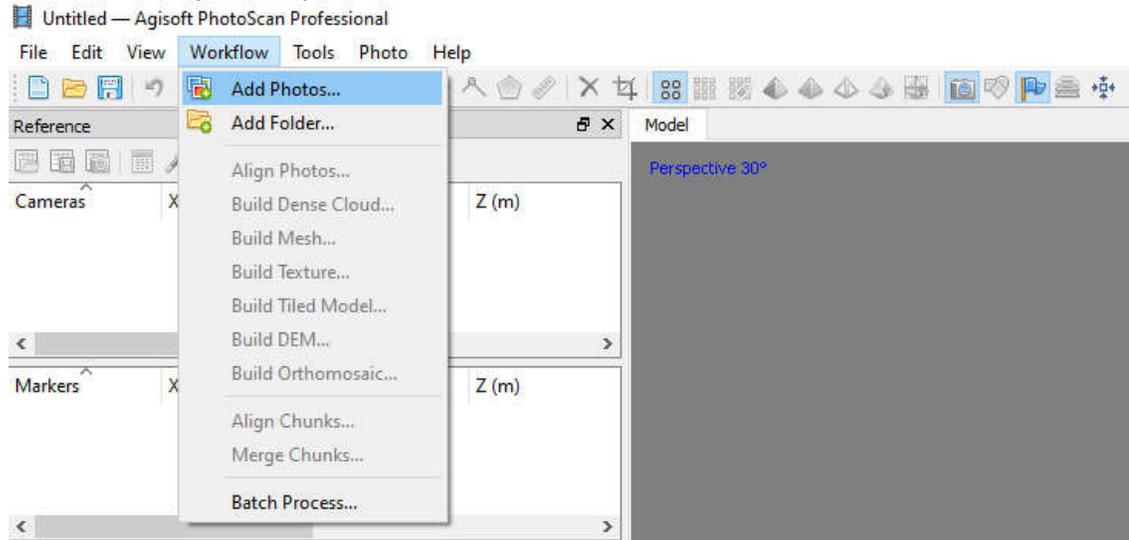
FIGURA 22 – 2° passo: salvar o projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3º Passo: importar as fotos do levantamento (Figura 23) clicando na guia “WORKFLOW” (fluxo de trabalho nas versões em português), em seguida clicar no comando “Add Photos” (adicionar fotos).

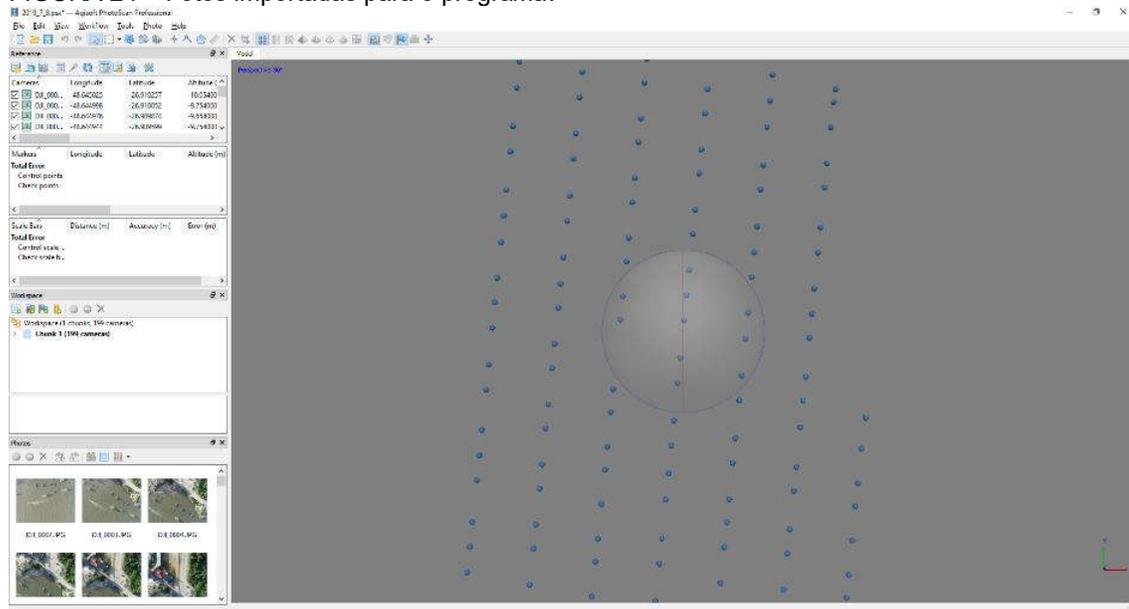
FIGURA 23 – 3º passo: importar as fotos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após clicar na guia para adicionar as fotos, deve-se selecionar todas as fotos do levantamento. A tela do programa aparecerá conforme demonstrado na Figura 24.

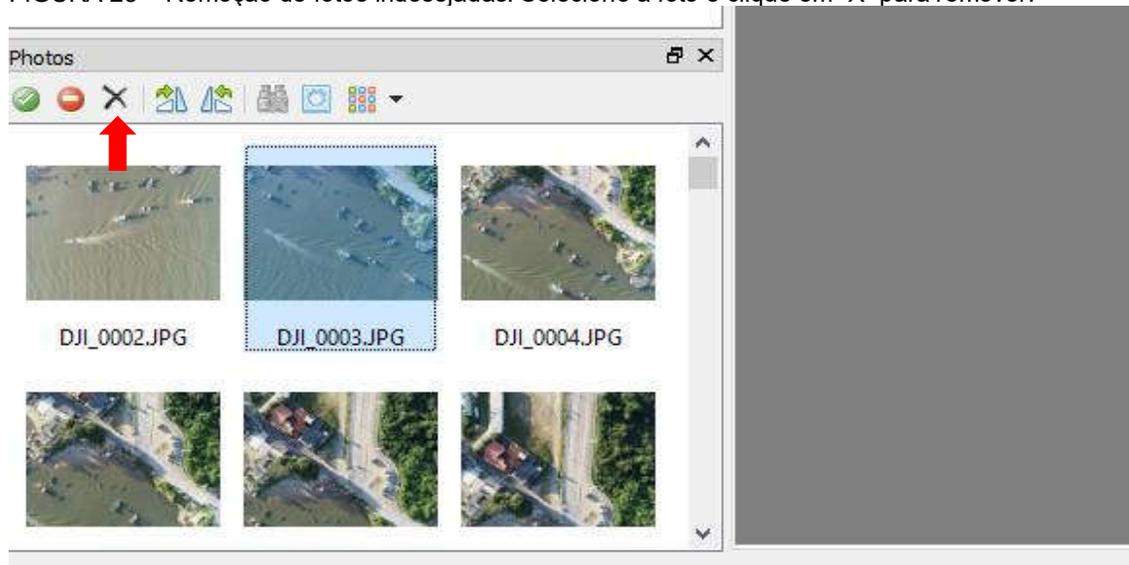
FIGURA 24 – Fotos importadas para o programa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Fotos indesejadas podem ser removidas na guia “Photos”, localizada na aba esquerda inferior do programa (Figura 25).

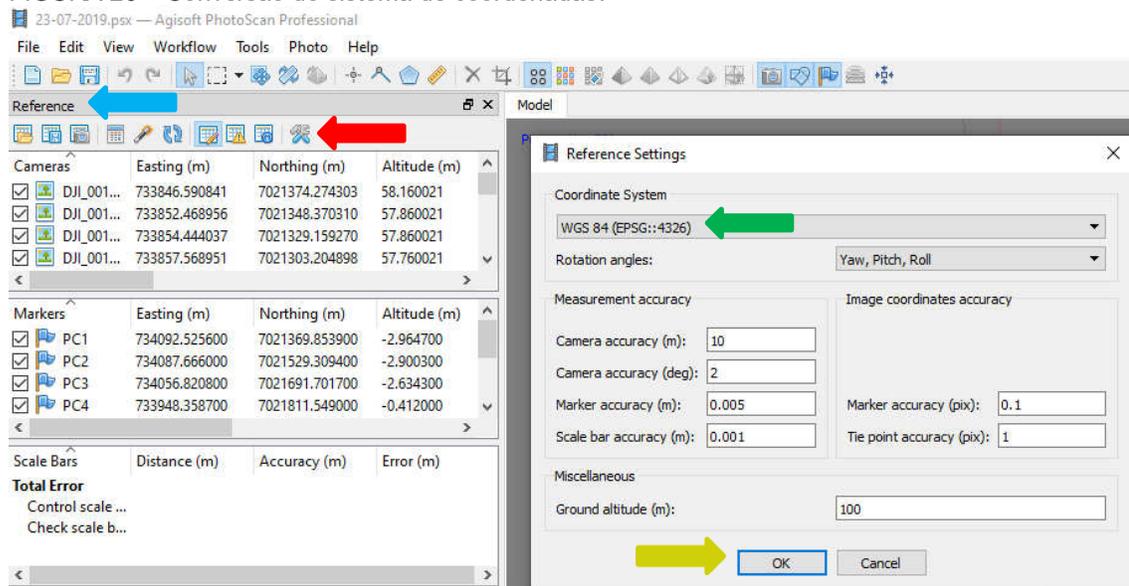
FIGURA 25 – Remoção de fotos indesejadas. Selecione a foto e clique em “X” para remover.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4º Passo: Conversão do sistema de coordenadas clicando primeiramente na aba “Reference” (seta azul), em seguida no ícone “settings” (seta vermelha), verificando se o sistema está em WGS84 (seta verde), e clicar em OK (seta amarela), conforme demonstrado na Figura 26.

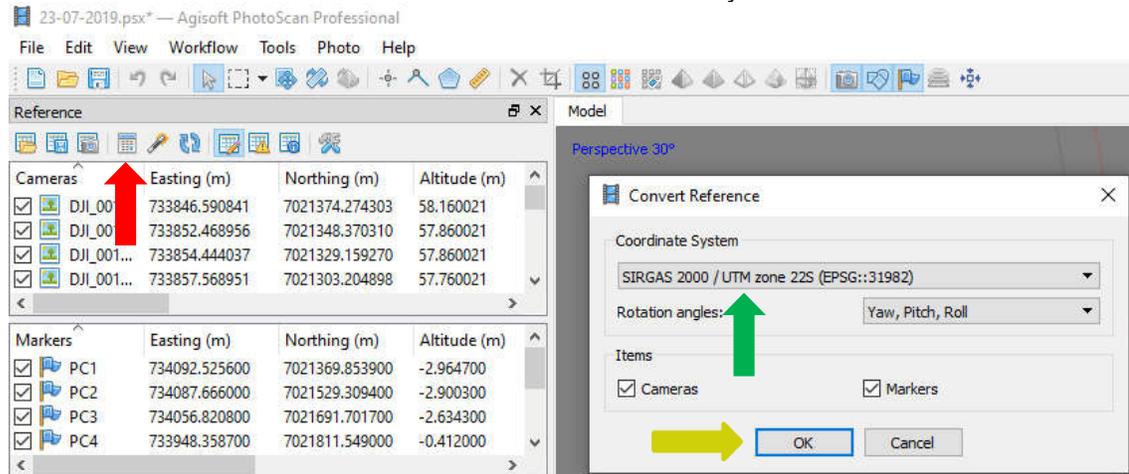
FIGURA 26 – Conversão do sistema de coordenadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo em seguida, clicar no ícone “Convert” (seta vermelha). Na caixa “Convert Reference”, escolher o sistema de coordenadas (DATUM) da sua região (SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)) para a região litorânea de Santa Catarina (seta verde). Clicar em “OK” (seta amarela) após a seleção do DATUM e zona, conforme demonstrado na Figura 27.

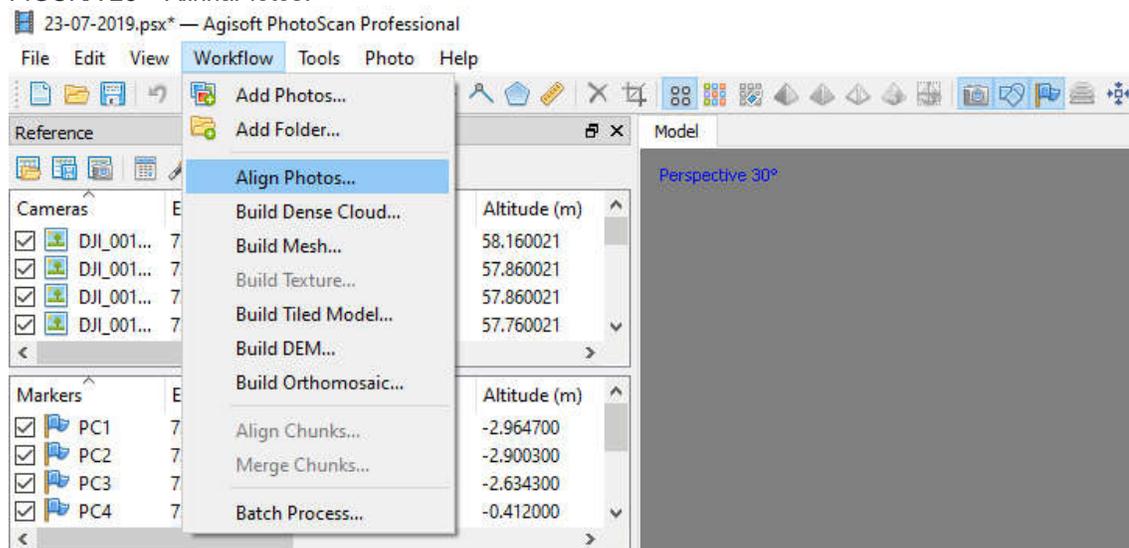
FIGURA 27 – Conversão do sistema de coordenadas com a seleção do DATUM e zona.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5º Passo: Alinhar fotos clicando na aba “WORKFLOW” (fluxo de trabalho) e em seguida “Align Photos” (alinhar fotos), conforme demonstrado na Figura 28.

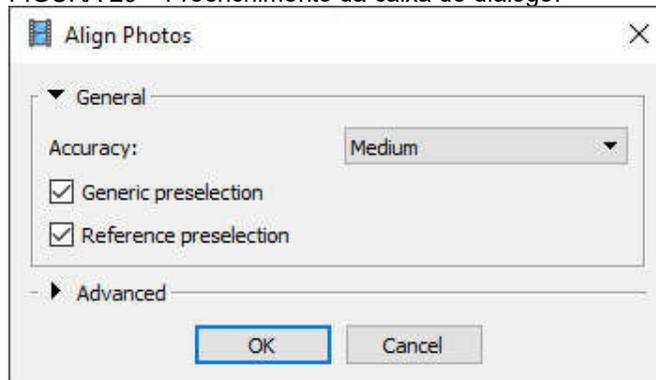
FIGURA 28 – Alinhar fotos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A caixa de diálogo deve ser preenchida conforme demonstrado na Figura 29, e na sequência deve-se clicar em “OK”, e o programa iniciará o processamento.

FIGURA 29 – Preenchimento da caixa de diálogo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6° Converter os pontos de controle em arquivo de texto. Os pontos de controle são pontos materializados no campo, devidamente registrados com apoio de GPS/GNSS, estação total ou outro tipo de referência. Os resultados dos levantamentos desses pontos de controle devem ser salvos em um bloco de notas (formato .txt) seguindo a configuração apresentada na Figura 30.

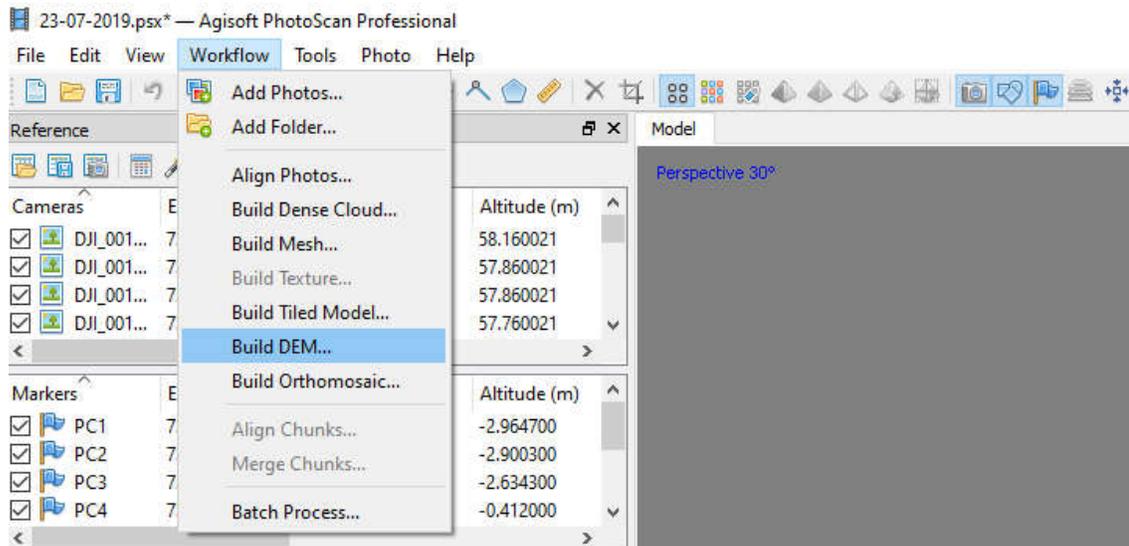
FIGURA 30 – Preenchimento da caixa de diálogo.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
PC1	734092.5256	7021369.8539	-2.9647	
PC2	734087.6660	7021529.3094	-2.9003	
PC3	734056.8208	7021691.7017	-2.6343	
PC4	733948.3587	7021811.5490	-0.4120	
PC5	733893.7985	7021421.3768	-1.8560	

Fonte: Elaborado pelo autor.

7° Passo: Gerar DEM por meio da guia “WORKFLOW” (fluxo de trabalho) e em seguida o comando “Build DEM” (construir DEM), conforme demonstrado na Figura 31.

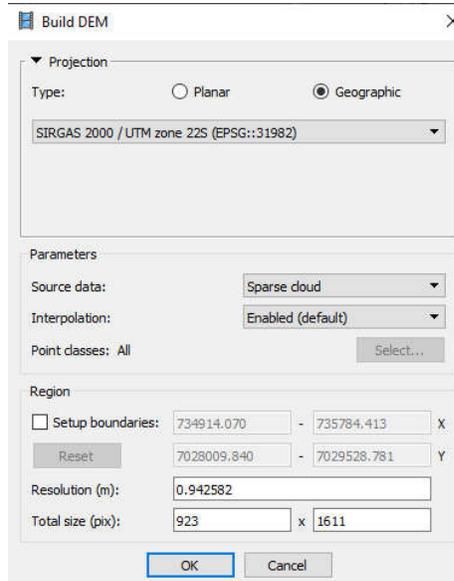
FIGURA 31 – Gerar DEM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após abrir uma caixa de comando (Figura 32), observar o DATUM, verificando se representa o mesmo selecionado no 4º Passo, e na sequência clicar em “OK”.

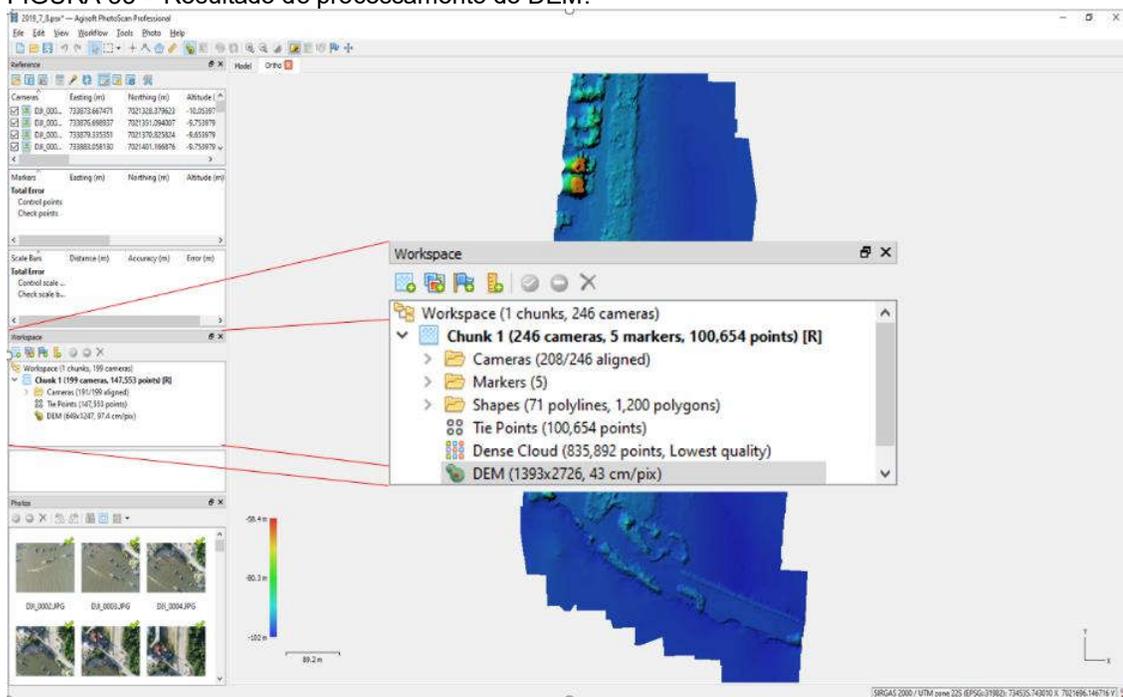
FIGURA 32 – Gerar DEM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado do processamento do DEM aparecerá na guia “Workspace” (área de trabalho) localizado no lado esquerdo da tela do software, conforme demonstrado na Figura 33.

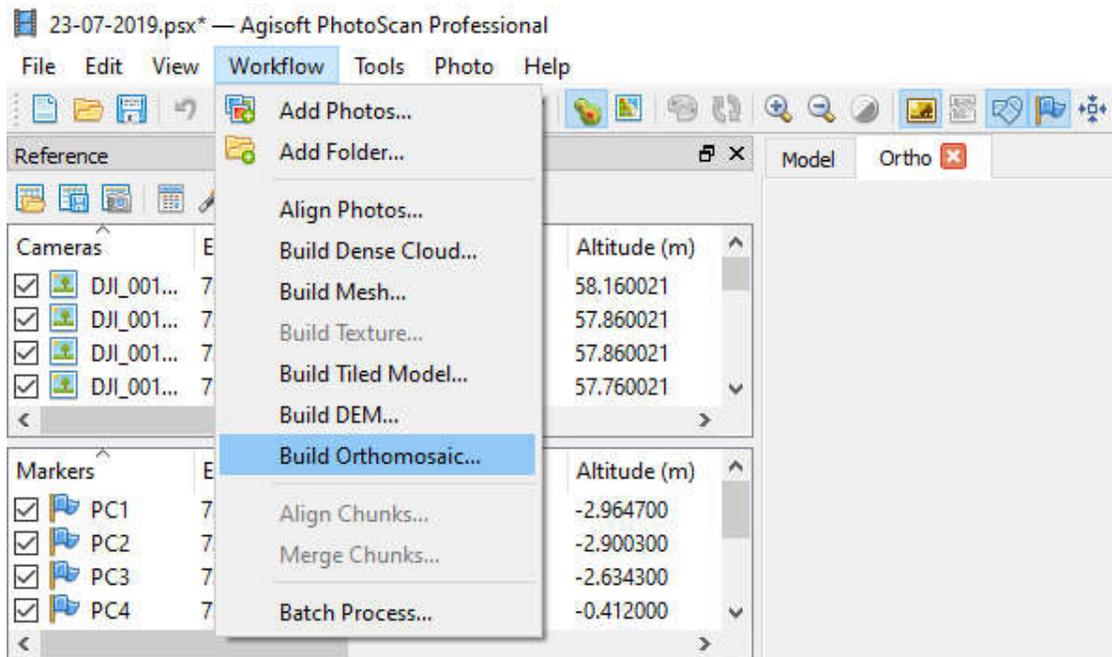
FIGURA 33 – Resultado do processamento do DEM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

8º Passo: Gerar ORTOFOTO por meio da guia “WORKFLOW” e em seguida no comando “Build Orthomosaic”, conforme demonstrado na Figura 34.

FIGURA 34 – Gerar Ortofoto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência, abrirá uma guia conforme demonstrado na Figura 35. Observar se todos os campos estão conforme indicados na Figura.

FIGURA 35 – Gerar DEM.

Build Orthomosaic

Projection

Type: Planar Geographic

SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)

Parameters

Surface: DEM

Blending mode: Mosaic (default)

Enable color correction

Enable hole filling

Pixel size (m): 0.0293175 X

Metres... 0.0293175 Y

Max. dimension (pix): 4096

Region

Setup boundaries: X

Estimate Y

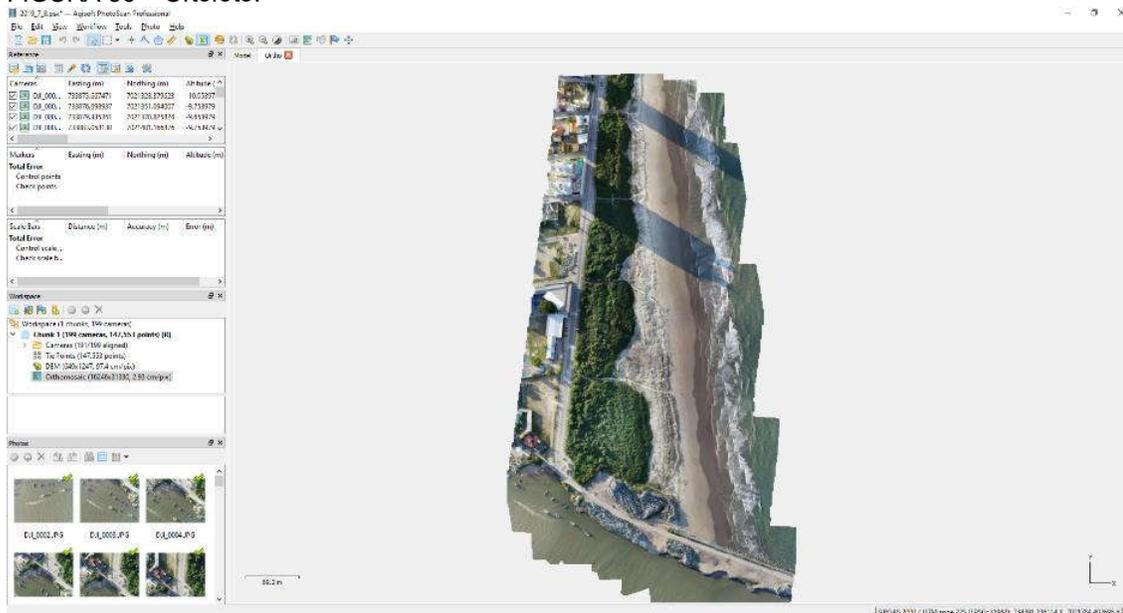
Total size (pix): x

OK Cancel

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado do processamento da ortofoto estará disponível na guia lateral da tela do software (Workspace) conforme mostrado na Figura 36.

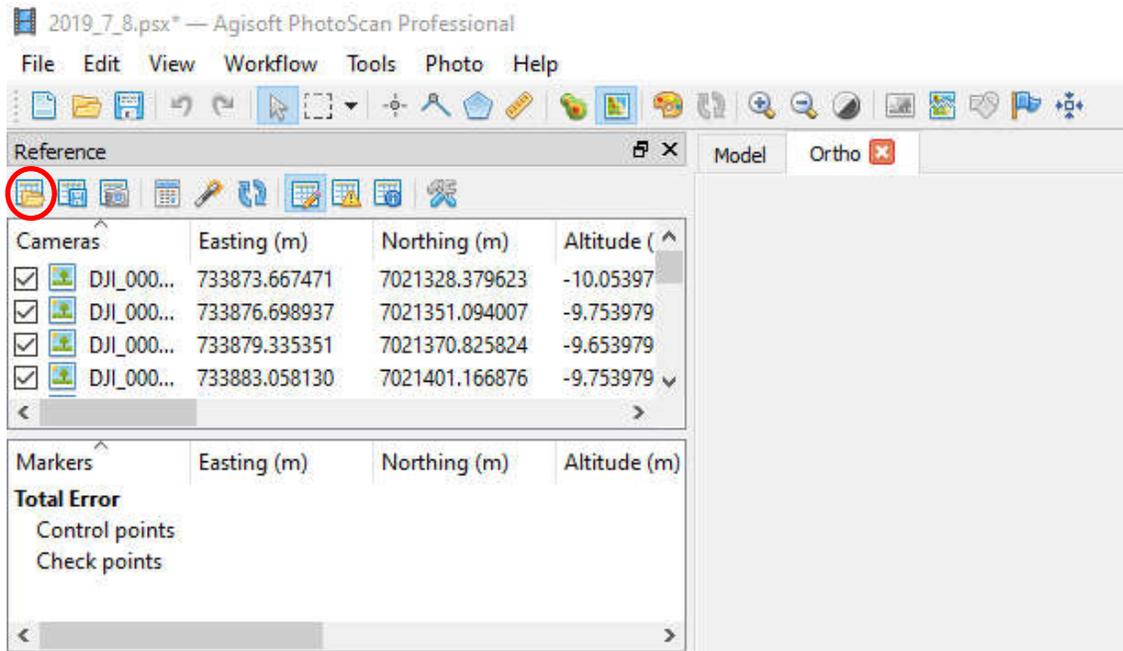
FIGURA 36 – Ortofoto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

9º Importar os pontos de controle. Clicar na guia “Reference” (Figura 37).

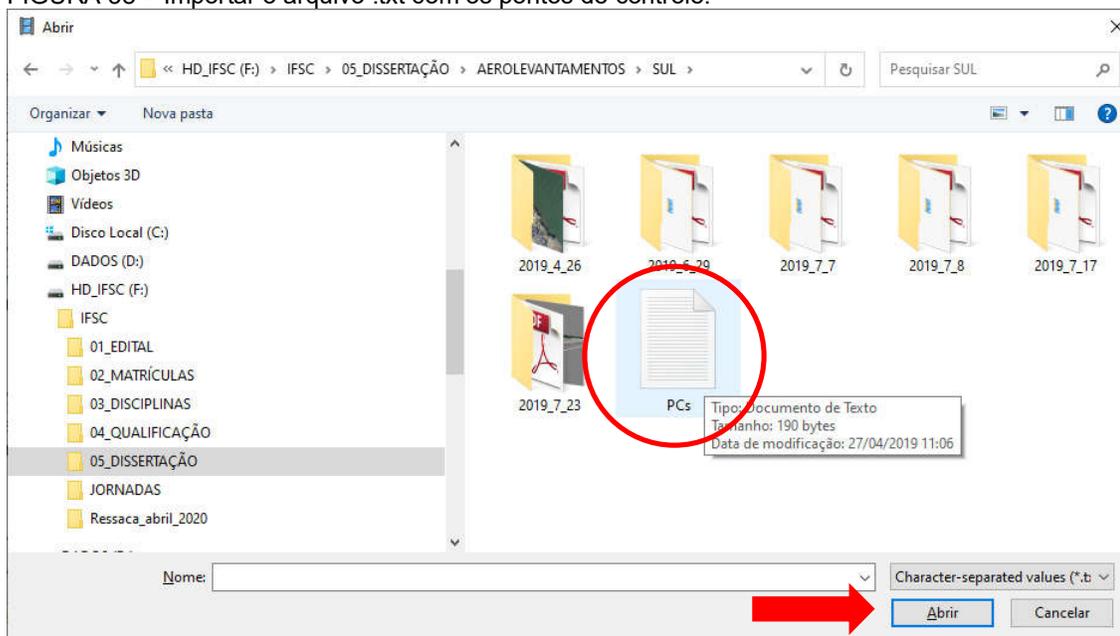
FIGURA 37 – Guia “Reference”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao clicar no ícone “Import” (importar – detalhe da Figura 37), abrirá a caixa de diálogo, devendo-se selecionar o arquivo .txt na pasta onde esse está salvo, conforme demonstrado na Figura 38.

FIGURA 38 – Importar o arquivo .txt com os pontos de controle.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Basta selecionar o arquivo “PCs” e dar o comando “Abrir”. Em seguida surgirá a caixa de diálogo apresentada na Figura 39, e clicar em “OK”.

FIGURA 39 – Caixa de diálogo de importação dos pontos de controle.

Coordinate System
SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)

Rotation angles: Yaw, Pitch, Roll

Delimiter
 Tab
 Semicolon
 Comma
 Space
 Other:
 Combine consecutive delimiters

Columns

Label	1	Accuracy	Rotation	Accuracy
Easting	2	8	Yaw: 5	9
Northing	3	8	Pitch: 6	9
Altitude	4	8	Roll: 7	9
			Enabled flag: 10	

Start import at row: 1

Label	Easting	Northing	Altitude	Yaw	Pitch	Roll
PC1	734092.5256	7021369.8539	-2.9647			
PC2	734087.6660	7021529.3094	-2.9003			
PC3	734056.8208	7021691.7017	-2.6343			
PC4	733948.3587	7021811.5490	-0.4120			
PC5	733893.7985	7021421.3768	-1.8560			

OK Cancel

Fonte: Elaborado pelo autor.

O programa exibirá a caixa de opções a seguir, devendo-se clicar na opção “Yes to All” (sim para todos), conforme demonstrado na Figura 40.

FIGURA 40 – Detalhes da importação dos pontos de controle.

Agisoft PhotoScan

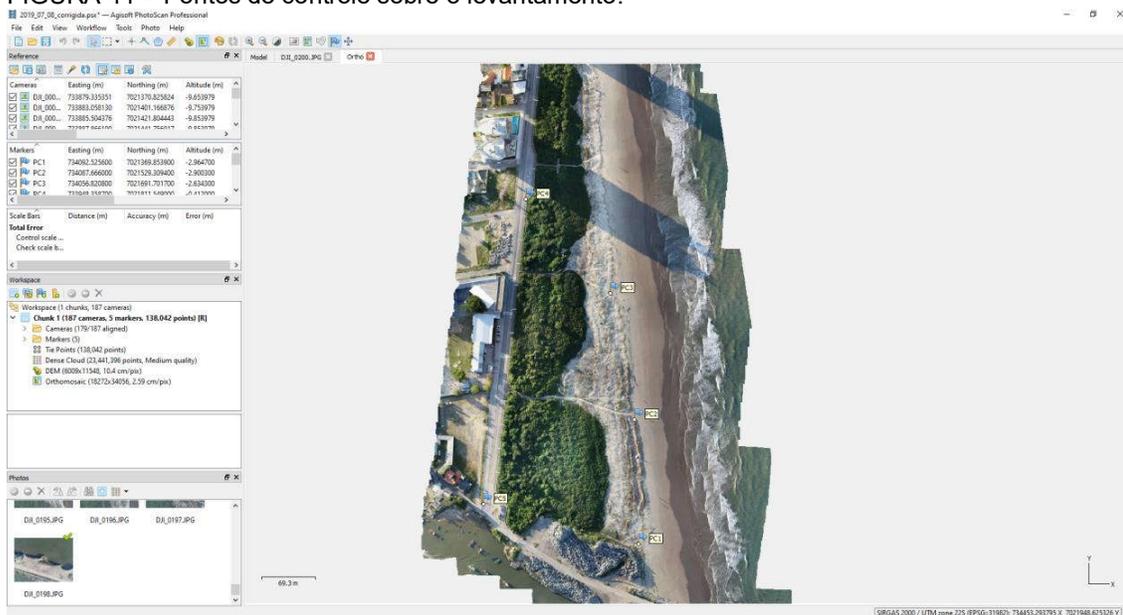
Can't find match for 'PC1' entry. Create new marker?

Yes Yes to All No No to All

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após esse processo aparecerão “bandeirinhas” azuis como mostrado na Figura 41, indicando que os pontos de controle estão sobre o levantamento.

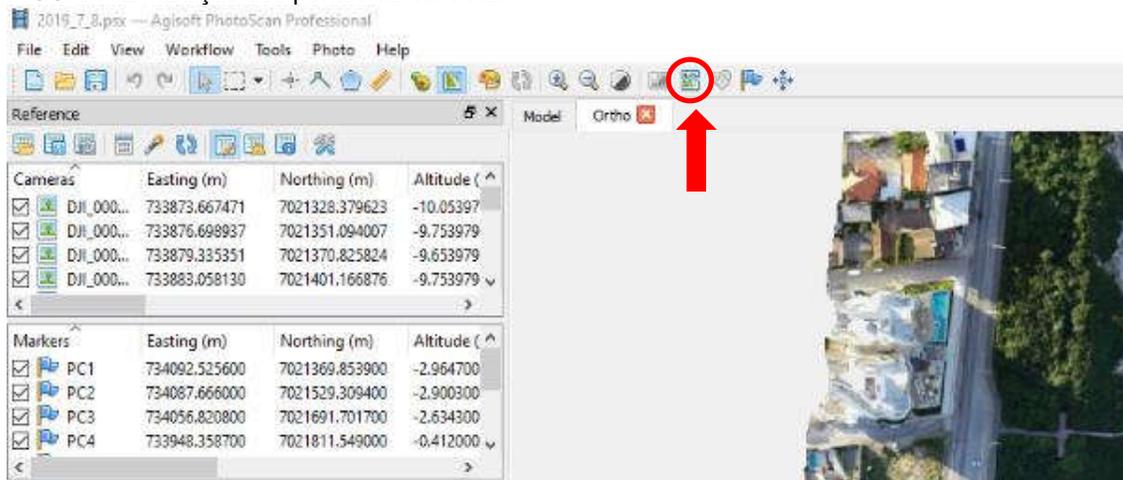
FIGURA 41 – Pontos de controle sobre o levantamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

10º Editar os pontos de controle. Clicar no ícone “Show Seamlines” conforme demonstrado na Figura 42.

FIGURA 42 – Edição dos pontos de controle.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O software passará a mostrar o mosaico montado na fotointerpretação do levantamento, como demonstrado na Figura 43.

FIGURA 43 – Mosaico da fotointerpretação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após esse processo, para cada ponto de controle, proceder conforme passo-a-passo a seguir demonstrado na Tabela 1:

TABELA 1 – Passo a passo do ajuste dos pontos de controle nas imagens.

	<p>Dar zoom no polígono em que o primeiro ponto de controle está inserido.</p>
	<p>Clicar com o botão direito e escolher a opção "Filter Photos by Point".</p>

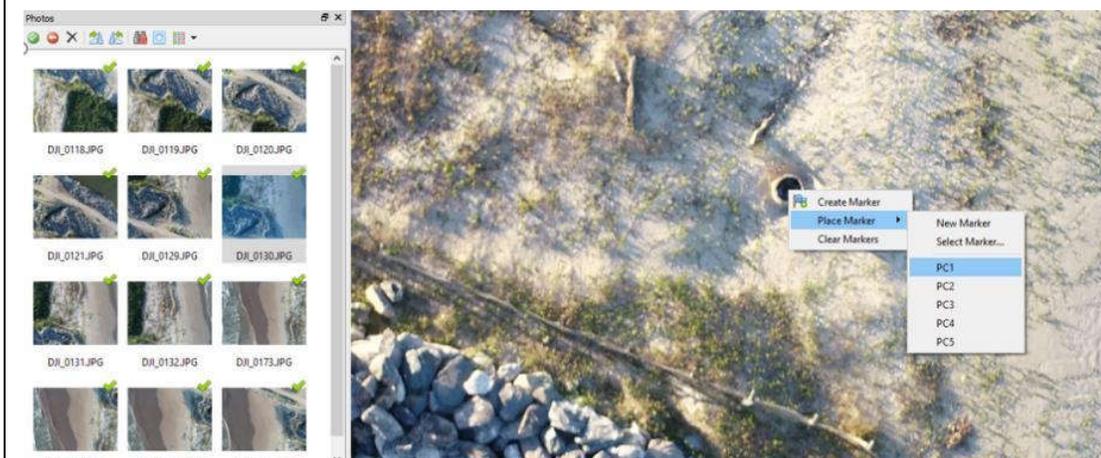


Após esse processo, na parte esquerda do software aparecerão somente as fotos que registram esse ponto.

Ocorrendo que as bandeirinhas azuis não apareçam de pronto, pode-se posicioná-las manualmente, procedendo da seguinte forma:

É necessário que se saiba em qual ponto de controle se deseja incluir a bandeira, no que é importante se ter em mãos um planejamento prévio do levantamento.

Assim pode-se clicar com o botão direito do mouse sobre o ponto de controle registrado na foto e escolher a opção "Place Marker", no que uma lista contendo os pontos de controle já importados surgirão, podendo selecionar o ponto correspondente à posição desejada, conforme demonstrado abaixo.



Nota-se, no entanto, que dando o zoom, que os pontos indicados pelas bandeirinhas não coincidem em 100% com os pontos de controle implantados em campo. O passo seguinte tratará dos ajustes desses pontos.



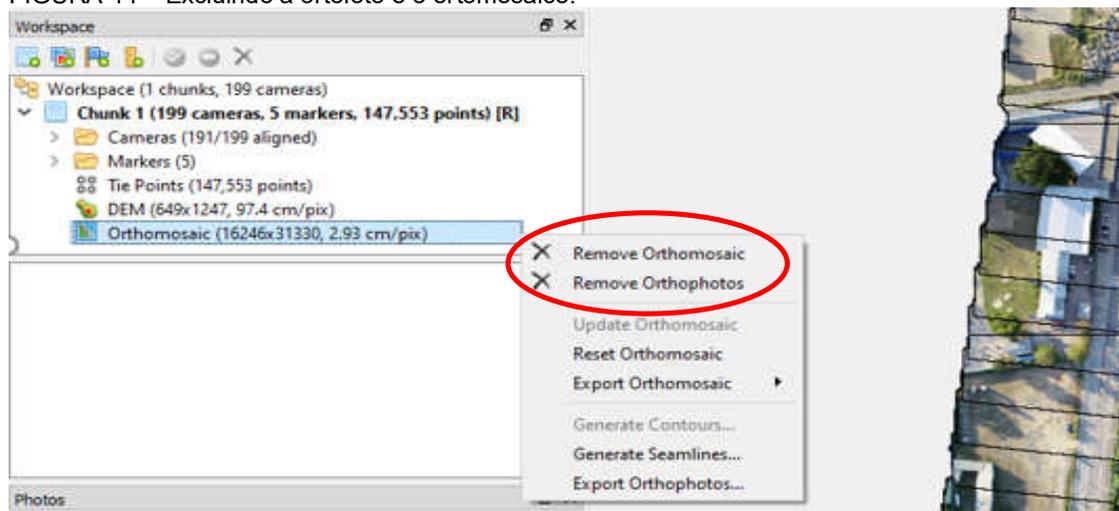
Ao dar zoom é possível notar que o PC1 está fora do ponto onde foi obtida a coordenada geográfica, que no caso, é no interior do círculo apresentado na imagem.

	<p>Clicando com o mouse sobre o ponto é possível arrastá-lo para a posição correta.</p>
	<p>Uma bandeirinha verde passará a ser exibida na miniatura da foto.</p>
<p>Esse processo deverá ser repetido com todas as imagens onde esse ponto estiver inserido. Da mesma forma, esse processo deverá ser repetido para todos os pontos de controle, um a um.</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

11° Reprocessar o levantamento. Primeiramente excluir a ortofoto e o ortomosaico criados anteriormente (Workspace) clicando com o botão direito do mouse no ícone da “Orthomosaic”, selecionando em seguida “Remove Orthofotos” e em seguida “Remove Orthomosaic”, conforme demonstrado na Figura 44.

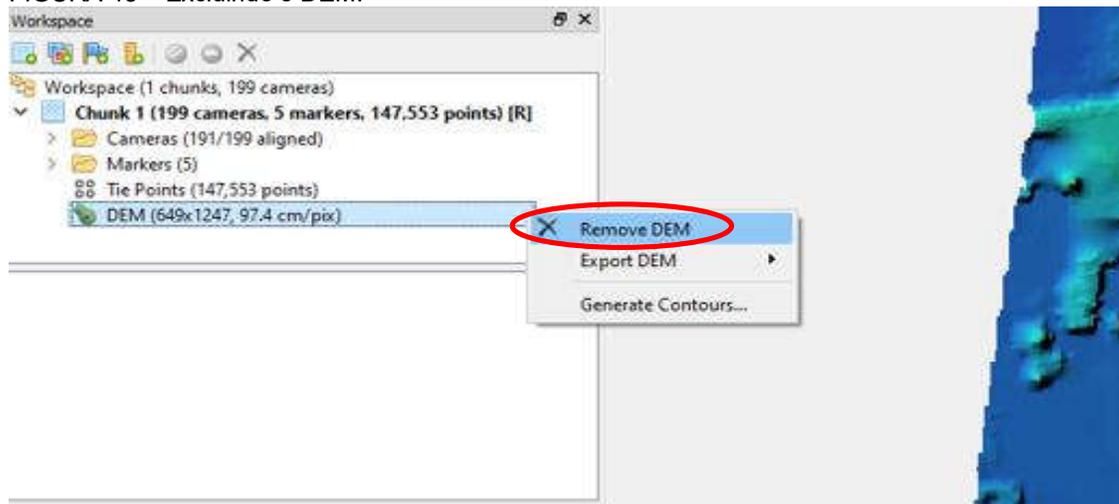
FIGURA 44 – Excluindo a ortofoto e o ortomosaico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência excluir o DEM criado anteriormente (Workspace) clicando com o botão direito do mouse no ícone “DEM”, selecionando em seguida “Remove DEM”, conforme demonstrado na Figura 45.

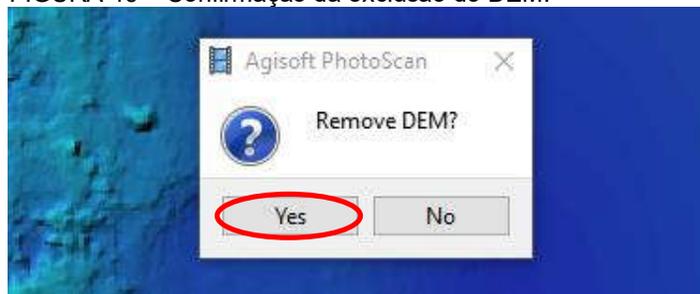
FIGURA 45 – Excluindo o DEM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência abrirá uma caixa de diálogo solicitando a confirmação da exclusão, o qual deve ser clicado em “Yes” (sim), conforme demonstrado na Figura 46.

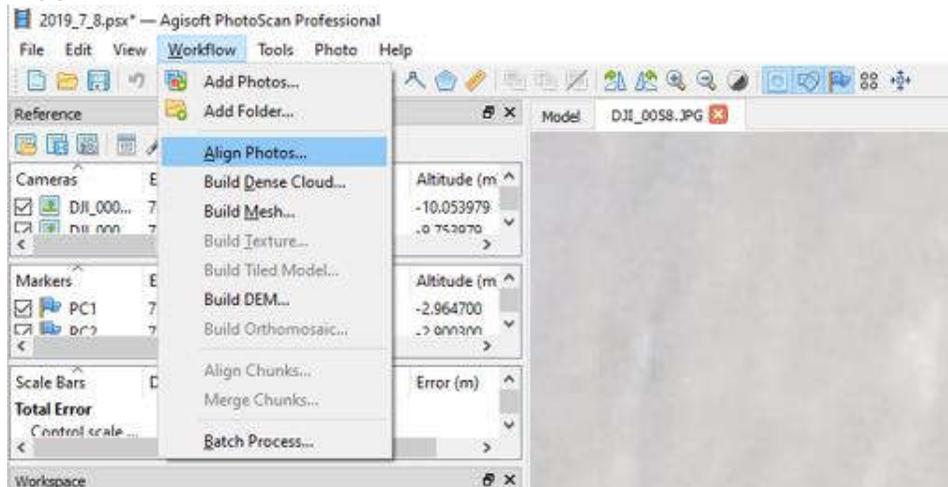
FIGURA 46 – Confirmação da exclusão do DEM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida reprocessar os dados clicando em “Workflow”, e na sequência, “Align Photos”, conforme demonstrado na Figura 47.

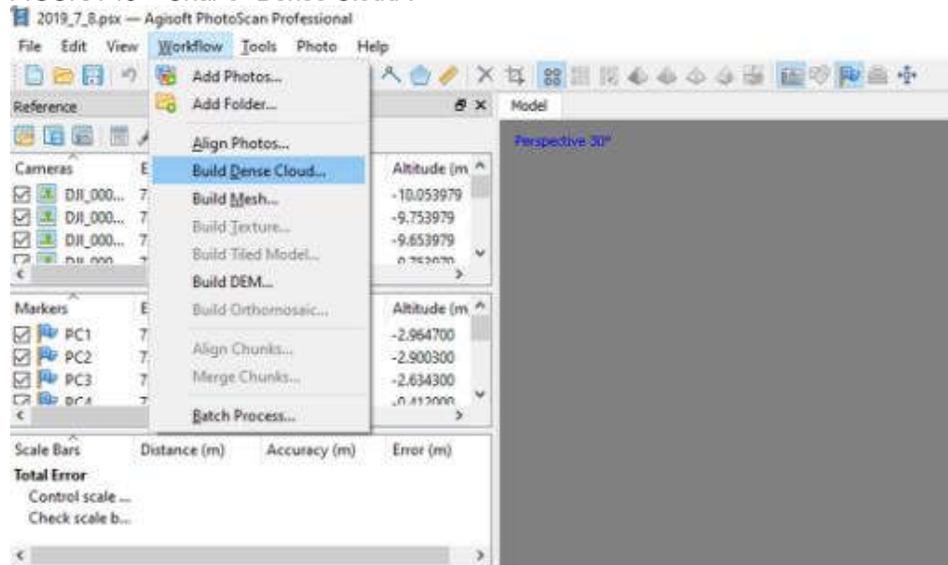
FIGURA 47 – Alinhar fotos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Criar o “Dense Cloud” do levantamento através do menu “Workflow” e em seguida “Build Dense Cloud”, conforme demonstrado na Figura 48.

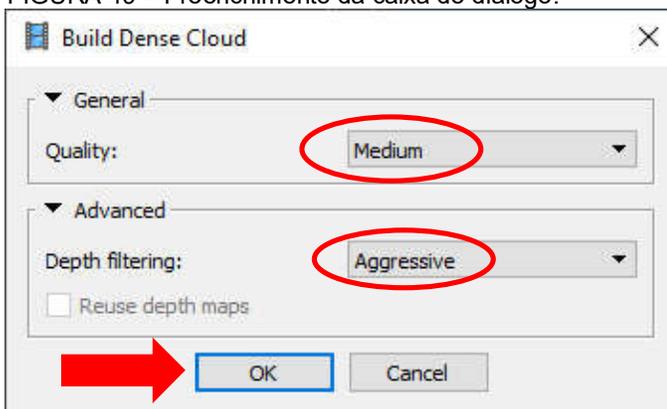
FIGURA 48 – Criar o “Dense Cloud”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o programa abrirá uma caixa de diálogo que deverá ser preenchida com os seguintes valores conforme demonstrado na Figura 49, e na sequência clicar em “OK” para iniciar o processamento.

FIGURA 49 – Preenchimento da caixa de diálogo.

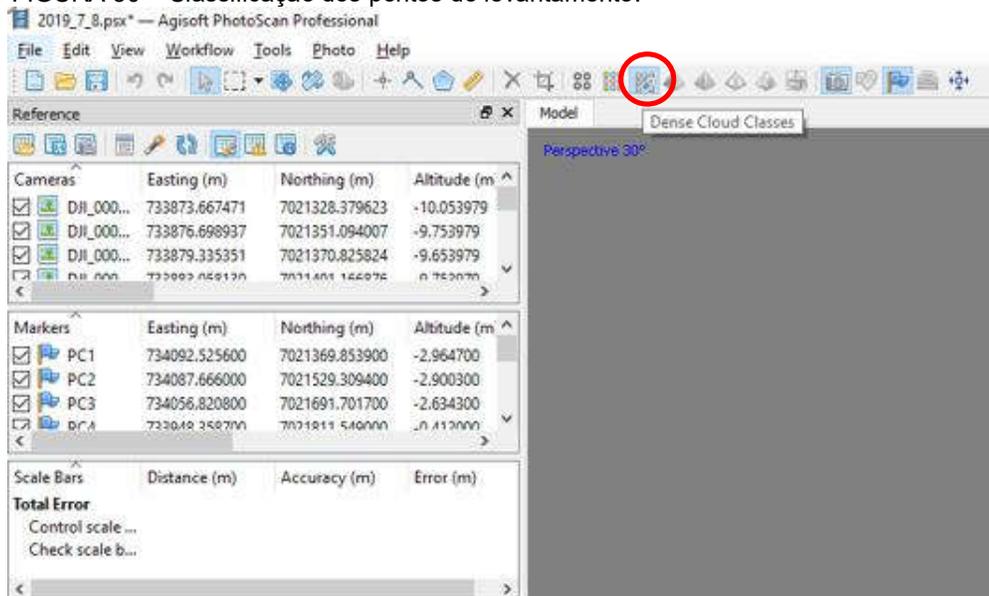


Fonte: Elaborado pelo autor.

Em caso de dispor de um equipamento (computador) rápido e com maior capacidade de processamento, recomenda-se utilizar a qualidade (Quality) no nível “alto” (High) ou “muito alto” (Very High), clicando em ok em seguida. Vale salientar que quando se opta por um nível de qualidade alto, o tempo de processamento mais que triplica em relação ao nível médio. Como exemplo, o mesmo processamento realizado para esta ilustração durou 25 minutos e 32 segundos para o nível médio, enquanto para o nível alto o tempo foi de uma hora 20 minutos e 14 segundos. A opção pelo nível de qualidade depende do tipo de processamento que se pretende fazer e a finalidade do produto final. Quanto maior a demanda por “precisão”, maior deve ser o nível de qualidade utilizado no processamento.

12º Classificar os pontos do levantamento, clicando no ícone “Dense Cloud Classes” conforme demonstrado na Figura 50.

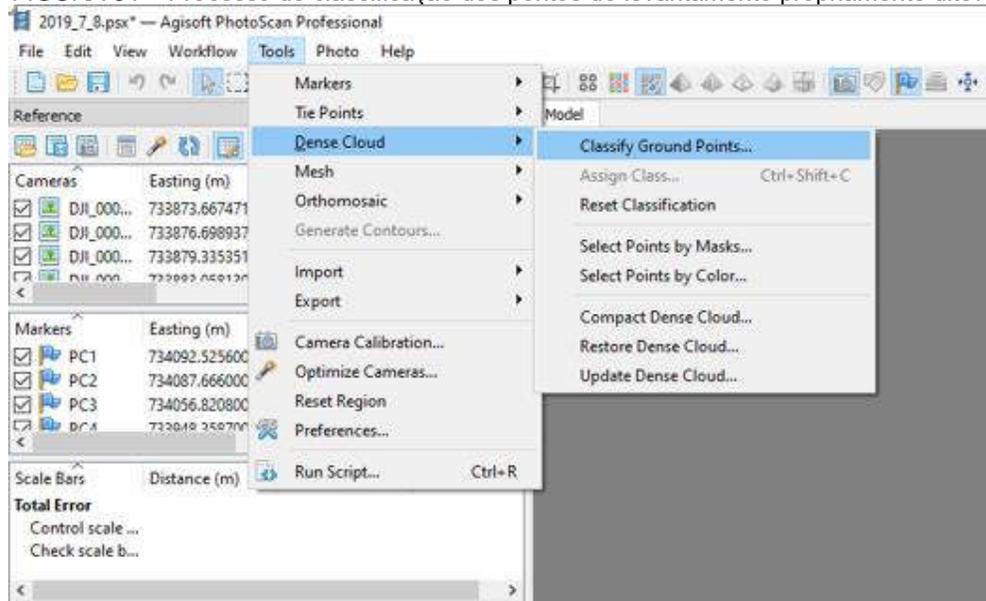
FIGURA 50 – Classificação dos pontos do levantamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida dar início ao processo de classificação em si. Através do menu “Tools” clicar no submenu “Dense Cloud” e em seguida “Classify Ground Points”, conforme demonstrado na Figura 51.

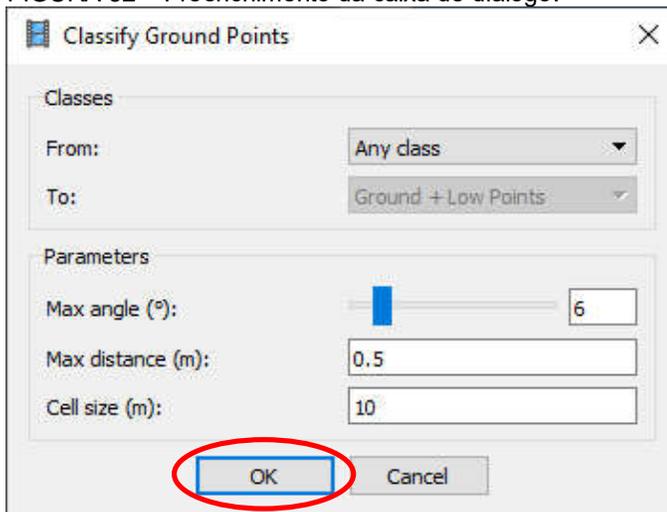
FIGURA 51 – Processo de classificação dos pontos do levantamento propriamente dito.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após tal processo, surgirá a caixa de diálogo conforme demonstrado na Figura 52, devendo os valores estarem conforme indicado. Clicar em “OK” e na sequência o processo se inicia.

FIGURA 52 – Preenchimento da caixa de diálogo.

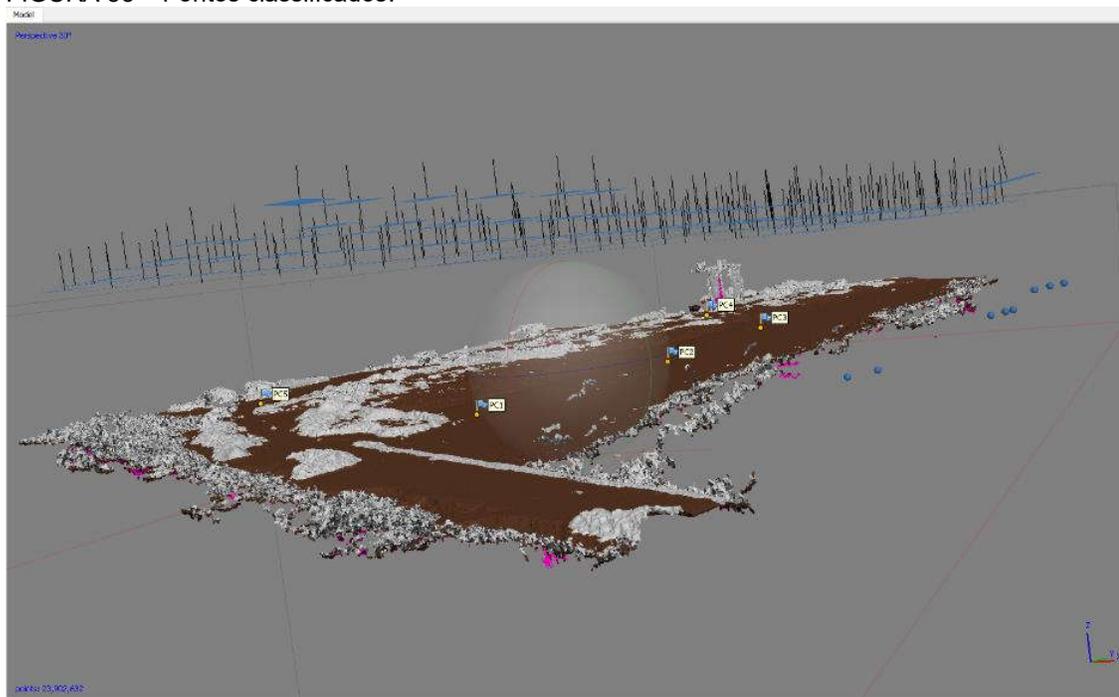


Fonte: Elaborado pelo autor.

O processo de classificação nada mais é do que dizer o que cada ponto coletado representa, proporcionando eliminar ruídos, pontos indesejados e excluir elementos que não fazem parte do levantamento em si. Após o processo, o levantamento passará a ser apresentado da maneira conforme demonstrado na Figura 53.

Notar que os pontos em marrom são de fato pontos do solo, ou seja, pertinentes ao levantamento. Todavia, os pontos brancos são irrelevantes ou desnecessários ao levantamento, ou seja, são muros, edificações vizinhas etc., que serão desconsiderados no processamento final.

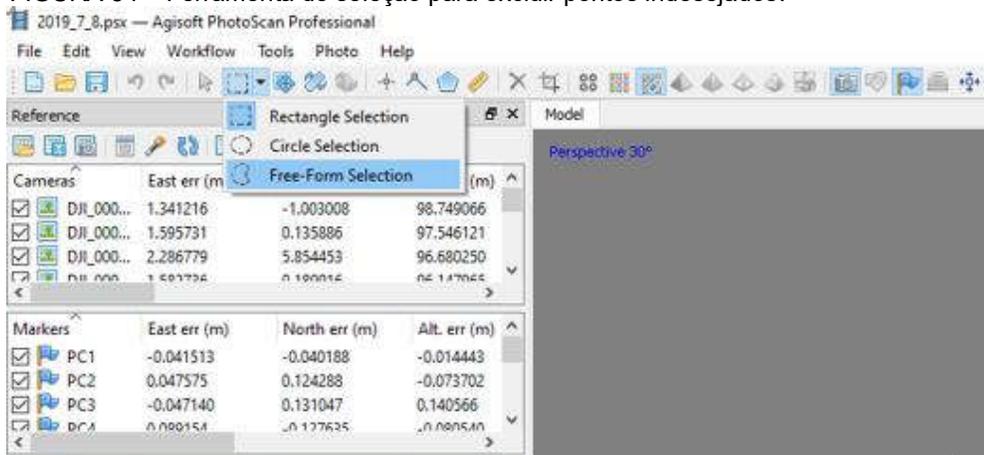
FIGURA 53 – Pontos classificados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O levantamento pode ser melhorado incluindo ou excluindo pontos e manchas de pontos através da ferramenta de seleção apresentada na Figura 54.

FIGURA 54 – Ferramenta de seleção para excluir pontos indesejados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao selecionar os pontos ou manchas indesejadas, o levantamento fica mais “limpo”, conforme demonstrado na Figura 55, podendo ser mais bem processado.

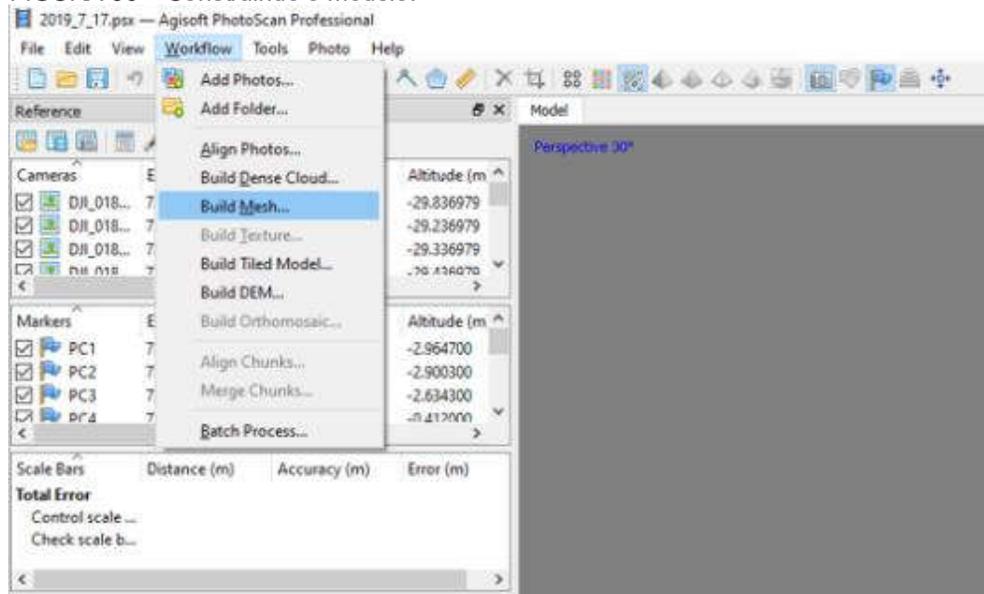
FIGURA 55 – Levantamento após exclusão dos pontos indesejados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

13° Construir modelo, clicando na guia “Workflow” e em seguida no comando “Build Mesh” conforme demonstrado na Figura 56.

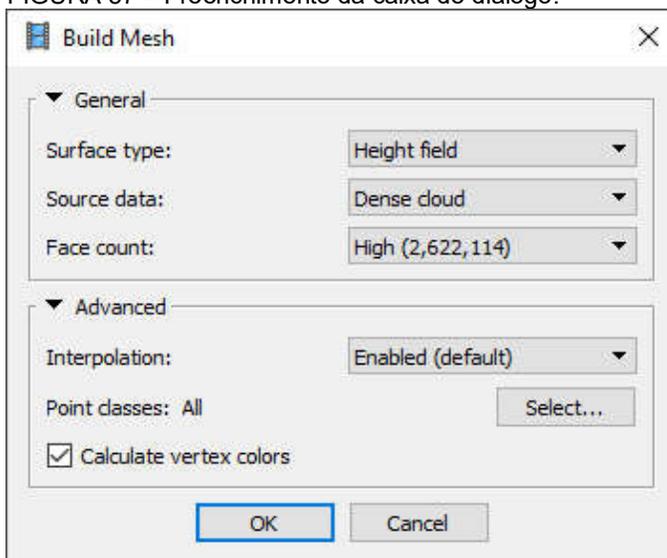
FIGURA 56 – Construindo o modelo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida surgirá uma caixa de diálogo que deverá estar preenchida conforme apresentado na Figura 57.

FIGURA 57 – Preenchimento da caixa de diálogo.



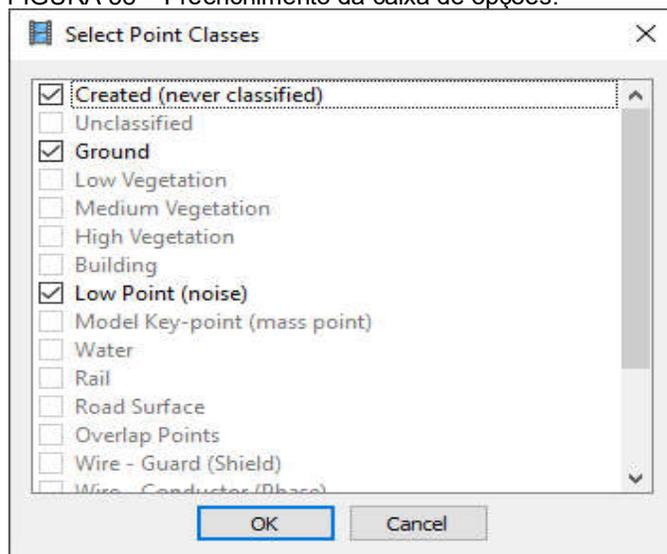
Fonte: Elaborado pelo autor.

Observações:

- Clicar no texto “Advanced” para habilitar os campos “Interpolation” e “Point classes”;
- Se a opção “Point Classes” não estiver habilitada, verifique se o campo “Source Data” está selecionado “Dense Cloud”.

Em seguida, clicar na guia “Point Classes”, no que surgirá a caixa de opções conforme apresentado na Figura 58.

FIGURA 58 – Preenchimento da caixa de opções.

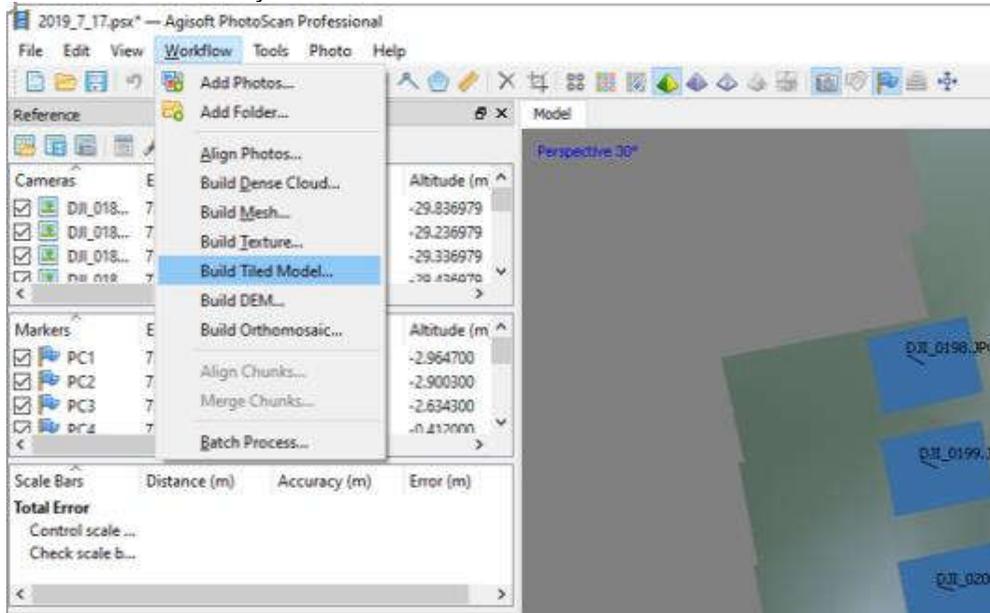


Fonte: Elaborado pelo autor.

Devem ser selecionadas somente as classes de pontos que se deseja considerar no processamento.

14° Construir Tiled Model, clicando na guia “Workflow” e em seguida no comando “Build Tiled Model” conforme demonstrado na Figura 59.

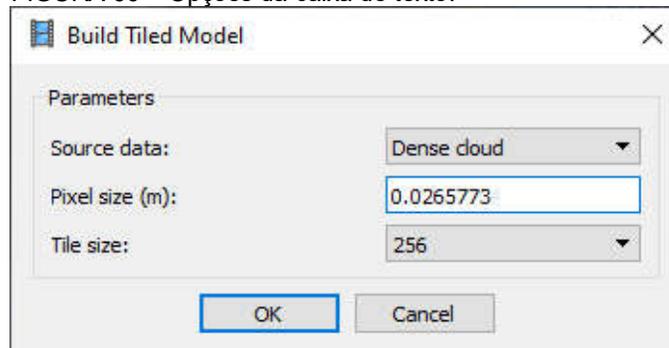
FIGURA 59 – Construção do Tiled Model.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida surgirá uma caixa de texto com as seguintes opções (Figura 60):

FIGURA 60 – Opções da caixa de texto.

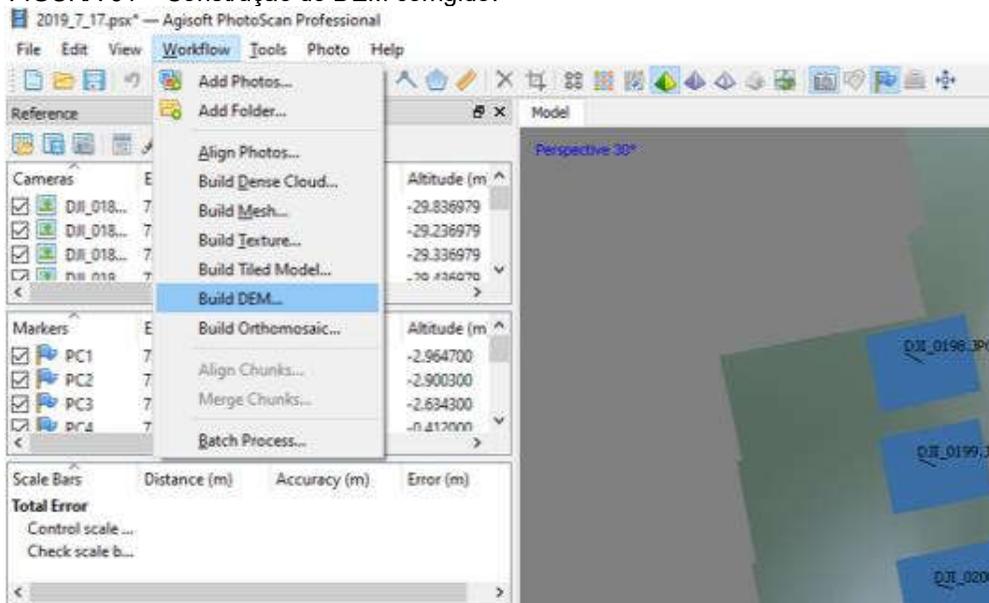


Fonte: Elaborado pelo autor.

Via de regra os valores podem ser deixados como apresentados, observado sempre se o campo “Source data” está indicando a opção “Dense cloud”. Apertar o botão “OK” e será iniciado o processamento.

15° Gerar o DEM corrigido. Explicado no 7° passo, mas que é recapitulado aqui devendo-se observar algumas mudanças no processo. Por meio da guia “Workflow” e em seguida no comando “Build DEM”, conforme demonstrado na Figura 61.

FIGURA 61 – Construção do DEM corrigido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após abrirá uma caixa de comando conforme indicado na Figura 62.

FIGURA 62 – Caixa de comando.

Build DEM

Projection

Type: Planar Geographic

SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)

Parameters

Source data: Dense cloud

Interpolation: Enabled (default)

Point classes: All

Region

Setup boundaries: 733631.143 - 734427.745 X

7020902.650 - 7022223.978 Y

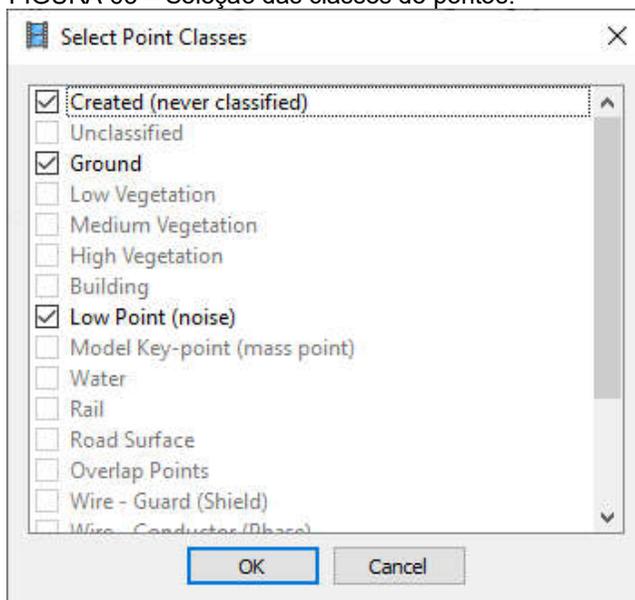
Resolution (m): 0.106309

Total size (pix): 7491 x 12425

Fonte: Elaborado pelo autor.

As opções aqui são um pouco diferentes das dispostas no 7º passo. Atentar para a opção “Source data” esteja agora selecionada “Dense cloud”. Em seguida, clicar na opção “Select” para selecionar as classes de pontos que lhe interessam ao seu processamento, conforme demonstrado na Figura 63.

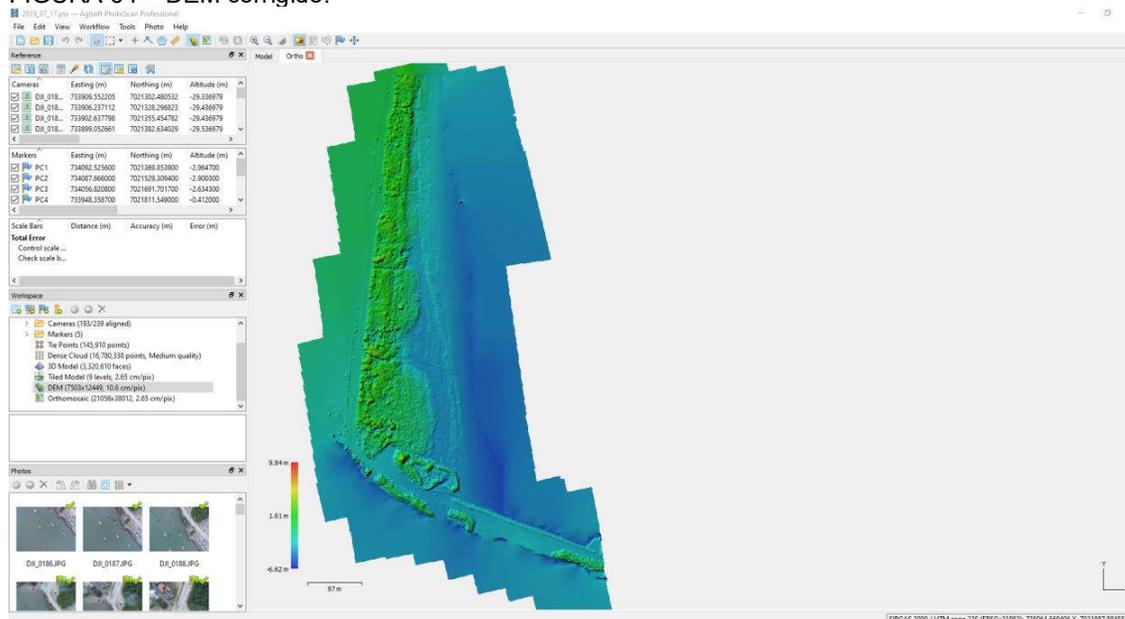
FIGURA 63 – Seleção das classes de pontos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do processamento do DEM aparecerão na guia “Work Space”, localizado no lado esquerdo da tela do software, conforme demonstrado na Figura 64.

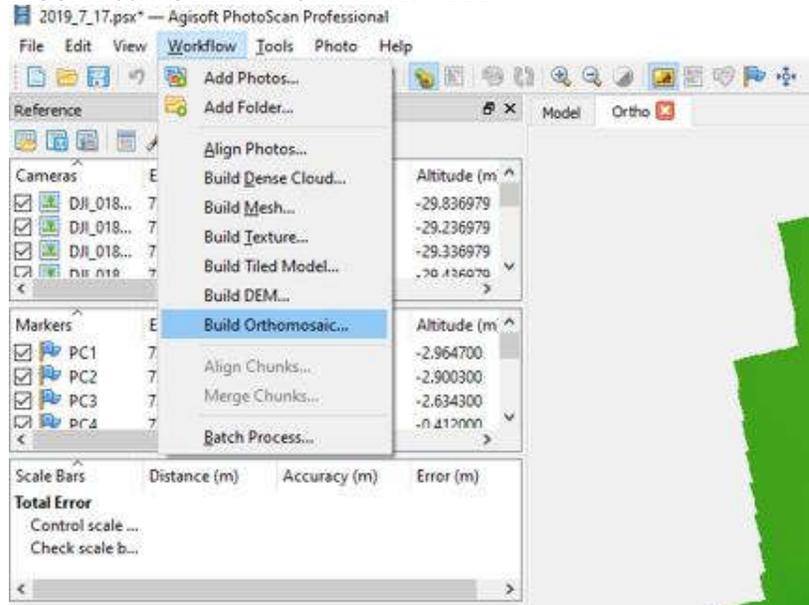
FIGURA 64 – DEM corrigido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

16° Gerar Ortofoto retificada. Processo similar ao já explicado no 8° passo. Por meio da guia “Workflow” e em seguida no comando “Build Orthomosaic”, conforme demonstrado na Figura 65.

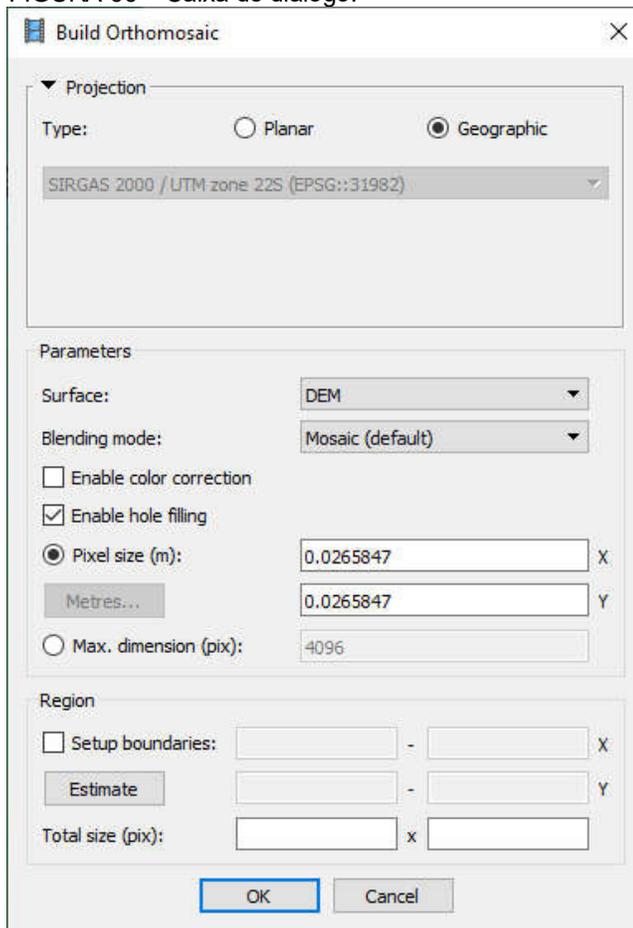
FIGURA 65 – Gerando a Ortofoto retificada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após abrirá uma caixa de diálogo. Observar se todos os campos estão preenchidos conforme indicado na Figura 66. Clicar em “OK” e o processamento será iniciado.

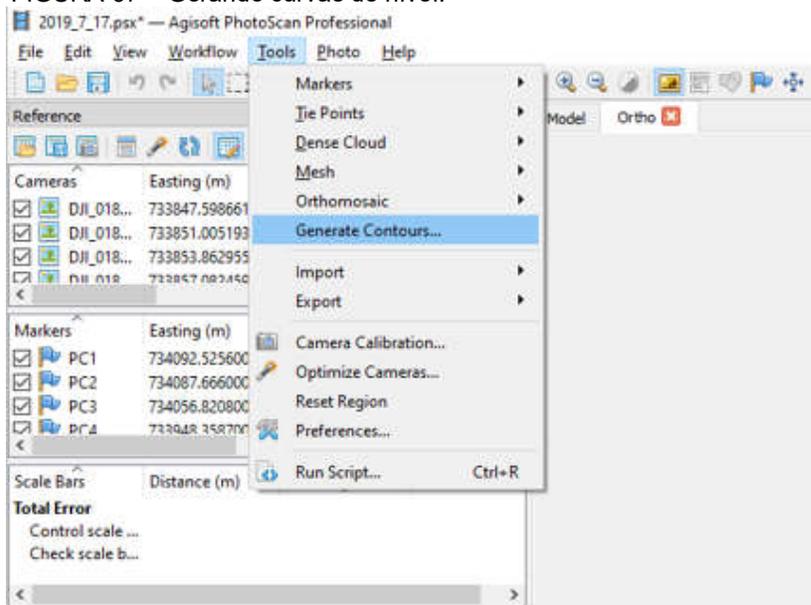
FIGURA 66 – Caixa de diálogo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

17º Gerar curvas de nível. Por meio da guia “Tools”, escolher o comando “Generate Contours”, conforme demonstrado na Figura 67.

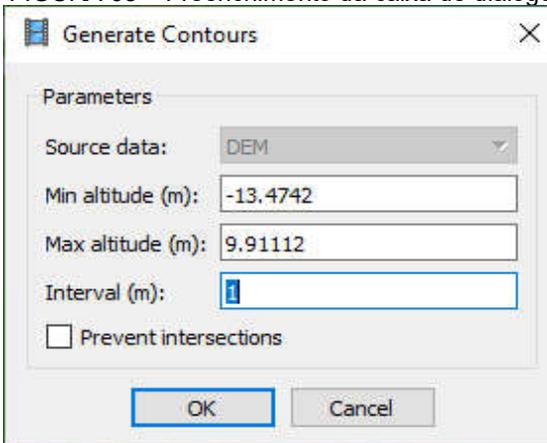
FIGURA 67 – Gerando curvas de nível.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, surgirá uma caixa de diálogo conforme demonstrado na Figura 68.

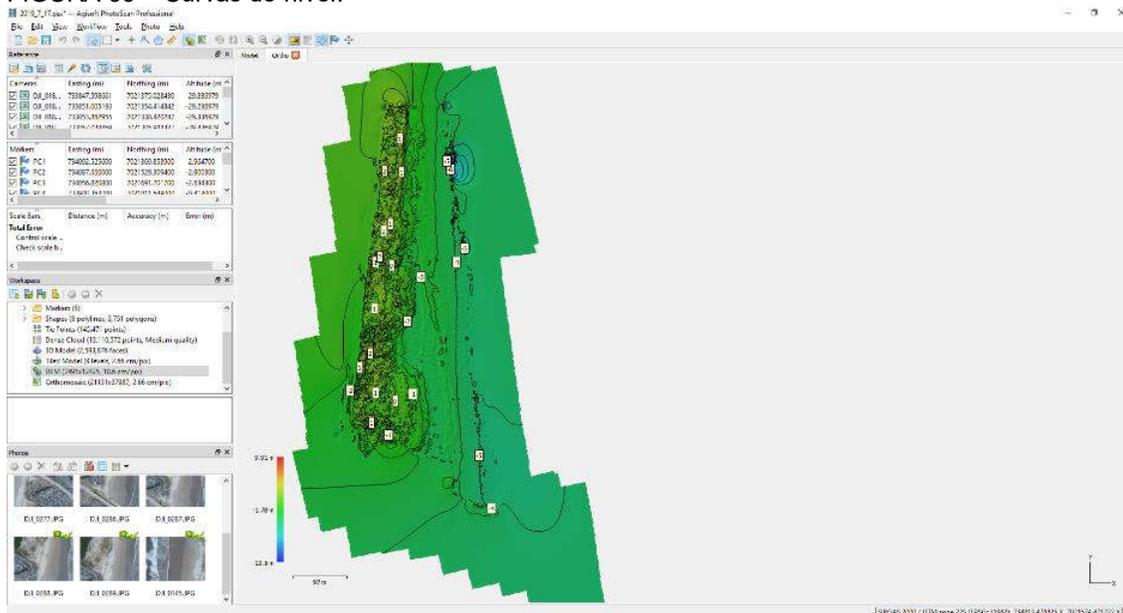
FIGURA 68 – Preenchimento da caixa de diálogo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No campo "Interval (m)", indicar o espaçamento entre curvas de nível desejado. No exemplo acima, o espaçamento é de um metro pelo fato de melhor visualização. O resultado é apresentado na Figura 69.

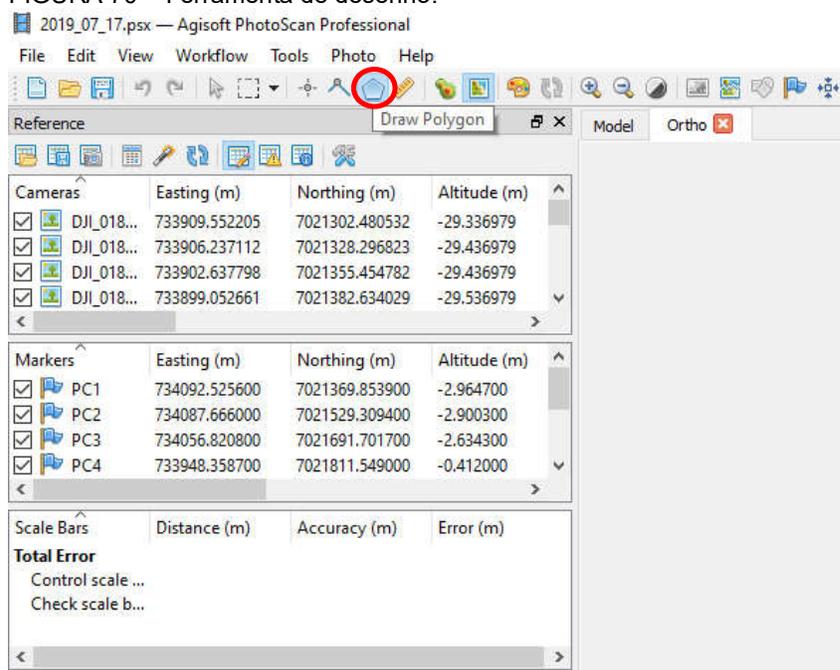
FIGURA 69 – Curvas de nível.



Fonte: Elaborado pelo autor.

18° Desenhando no levantamento. Com a ortofoto recalculada com a precisão adequada, é possível desenhar a poligonal do levantamento diretamente no software. A ferramenta usada será a “Draw Polygon” disponível no Menu do programa, conforme demonstrado na Figura 70.

FIGURA 70 – Ferramenta de desenho.



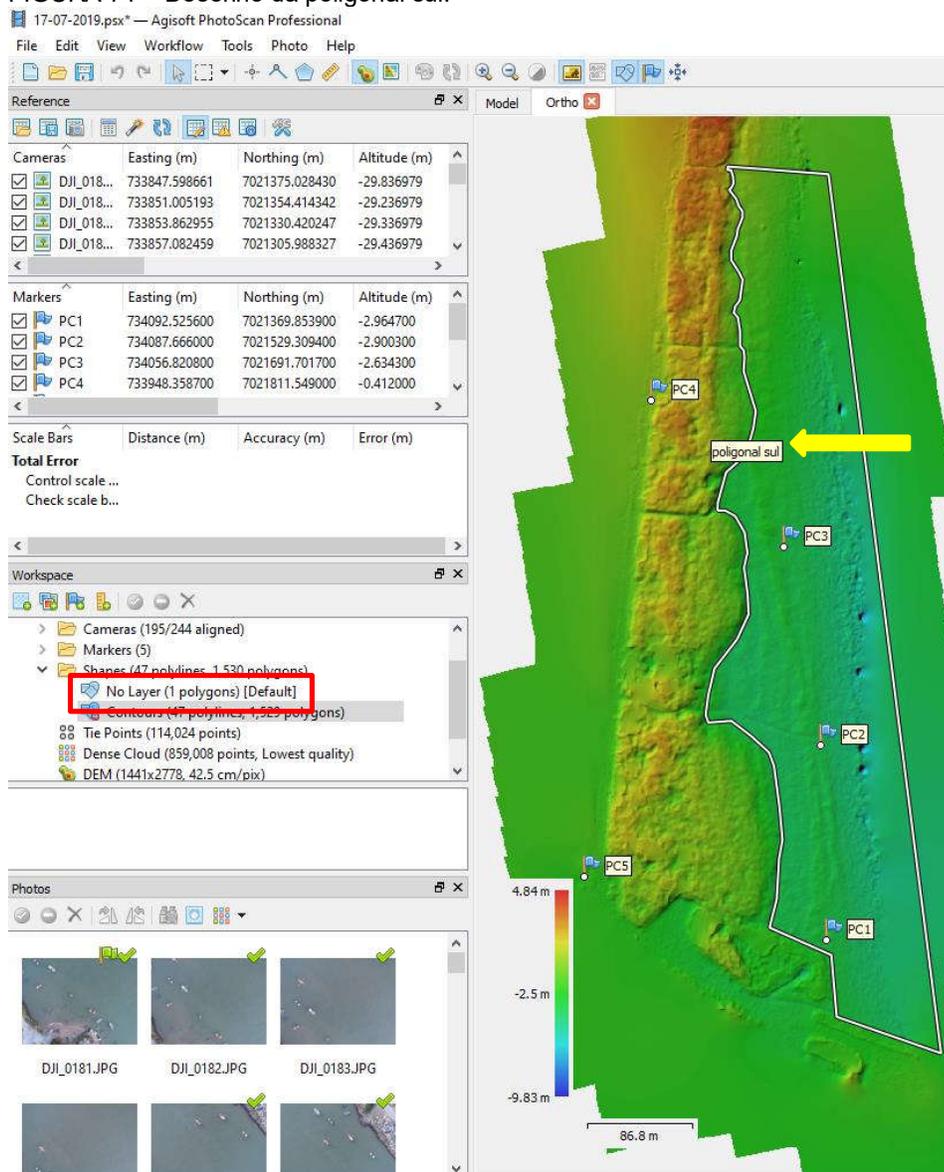
Fonte: Elaborado pelo autor.

Selecionado este comando, é só passar a desenhar o polígono contornando o objeto de interesse. A ferramenta de desenho se comportará como indicado a seguir:

O fechamento do polígono pode ser feito clicando com o botão direito do mouse. A saída do módulo de desenho pode ser feita a qualquer momento, bastando apertar a tecla “ESC” do teclado.

Os polígonos serão classificados automaticamente pelo software em “layers” (camadas) distintas (retângulo vermelho da Figura 71). Depois de concluído o desenho, é recomendado nominar o polígono, que nesse caso foi denominada de total (seta amarela da Figura 71).

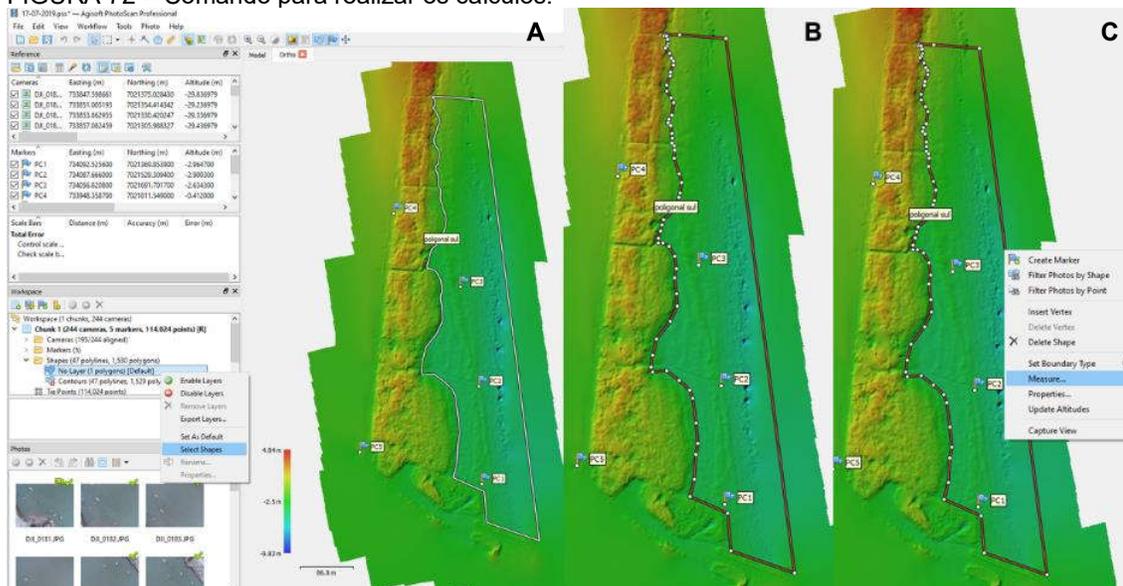
FIGURA 71 – Desenho da poligonal sul.



Fonte: Elaborado pelo autor.

19° Cálculos. Em “Workspace”, no lado esquerdo da tela do programa, clicar com o botão direito na “layer”, e na sequência “Select Shapes” (Figura 72 – A), na qual a poligonal ficará em destaque, em vermelho (Figura 72 – B). Clicando novamente com o botão direito, abrirá uma caixa devendo-se selecionar a opção “Measure”, (Figura 72 – C).

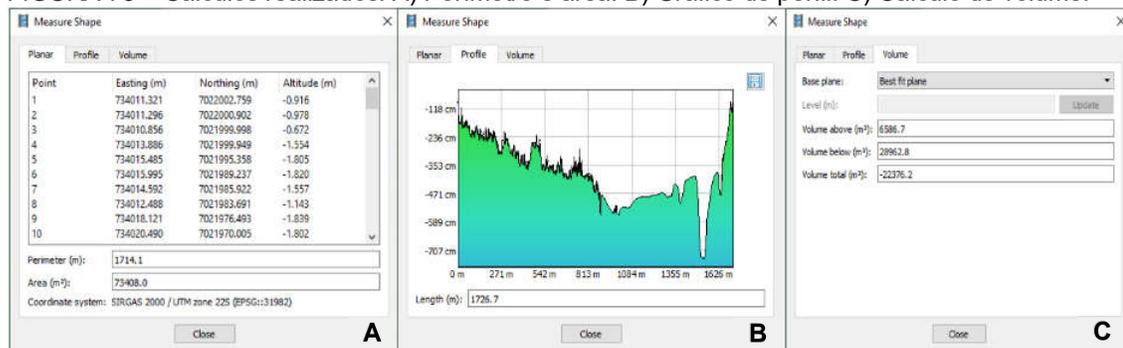
FIGURA 72 – Comando para realizar os cálculos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O programa iniciará os cálculos. Surgirá na tela um quadro na qual é possível verificar o perímetro e a área (“Planar”), verificar o gráfico do perfil (“Profile”), e o cálculo do volume, conforme demonstrado na Figura 73.

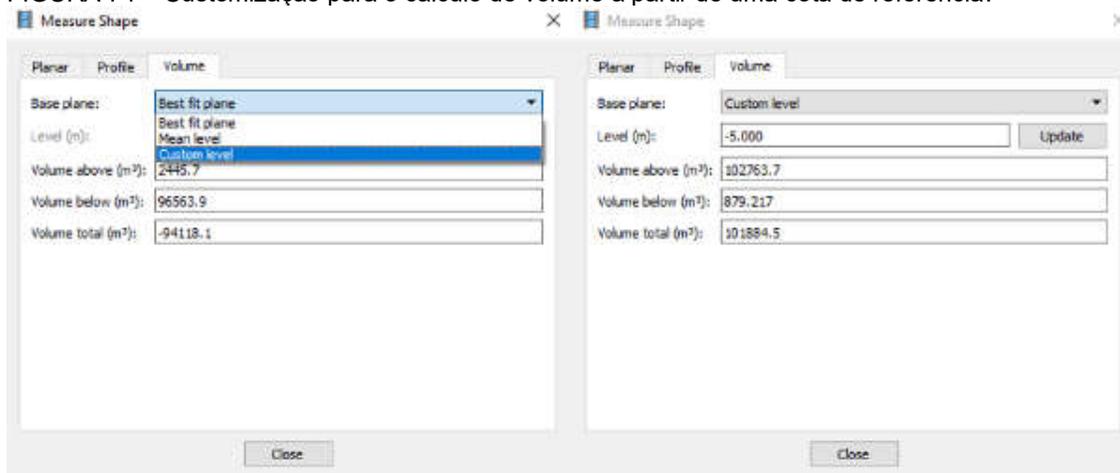
FIGURA 73 – Cálculos realizados. A) Perímetro e área. B) Gráfico de perfil. C) Cálculo de volume.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos de volume, é possível customizar o nível “*Custom level*”, para uma mesma cota de referência. Nesse caso em específico, considerar a cota -5,00. Clicar em “*Update*” e preencher o valor. Detalhes na Figura 74. Os cálculos feitos pelo programa apontam para um volume acima da cota -5 de 102.763,7 m³. Comparando com outros levantamentos anteriores, é possível saber se o local sofreu erosão ou acreção.

FIGURA 74 – Customização para o cálculo de volume a partir de uma cota de referência.



Fonte: Elaborado pelo autor.