



Relatório Final

“TRABALHOS DE TOPOGRAFIA, FOTOGRAFIA AÉREA E HIDROGRAFIA, NO ÂMBITO DO PROJETO DE MELHORIA DOS ACESSOS MARÍTIMOS AO PORTO DE SETÚBAL”



Teromovigo - Earth Innovation

1. Introdução

Serve o presente relatório para sintetizar as diversas metodologias e tecnologias utilizadas na presente prestação de serviço efectuada pelo consórcio GEOPALM-Engineering Consulting e TEROMOVIGO-Earth Innovation.

1.1. Antecedentes

Na presente prestação de serviços foram disponibilizados:

- a) Estudo de Impacte Ambiental (EIA)
- b) Declaração de Impacte Ambiental (DIA)

Elementos estes que fizeram parte integrante dos termos de referência do concurso.

1.2. Objectivo do Contrato

A prestação de serviços tem como objectivo a execução de trabalhos de topografia, fotografia aérea e hidrografia, no âmbito do projecto de melhoria dos acessos marítimos ao Porto de Setúbal.

2. Descrição dos Trabalhos Efectuados

2.1. Sistema de Referência

Nos trabalhos desenvolvidos, de hidrografia e topografia, a definição da metodologia de georreferenciação dos produtos finais é uma garantia para a qualidade de ambos os trabalhos e uma referência para comparações a realizar a posteriori.

A Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra (APSS) disponibilizou nove pontos pertencentes à Rede Geodésica APSS (RGAPSS). Estes pontos estão referenciados ao sistema de coordenadas planimétrico Datum 73 e à referência altimétrica Zero Hidrográfico (ZH).

2.1.1 Sistema de Coordenadas Planimétrico – ETRS89/PT-TM06

Os pontos pertencentes à RGAPSS estão referenciados ao Datum 73, mas o sistema de coordenadas do trabalho é o ETRS89/PT-TM06. Assim, desta forma tornou-se necessária a transformação dos pontos da RGAPSS \ o sistema oficial ETRS89/PT-TM06. A metodologia de transformação aconselhada pela DGT (Direção-Geral do território) é o método das grelhas.

[\(http://www.dgterritorio.pt/cartografia_y_geodesia/geodesia/transformacao_de_coordenadas/grelhas_em_ntv2/\)](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_y_geodesia/geodesia/transformacao_de_coordenadas/grelhas_em_ntv2/)

Os resultados obtidos na materialização do sistema referência constam no Relatório sistema de coordenadas.

2.1.2 Referência Altimétrica – Zero Hidrográfico

É a referência a partir da qual se define a altura da maré e é o plano de referência das profundidades indicadas (sondas) nas cartas náuticas.

A utilização do modelo de geóide no equipamento do tipo GNSS, permite a obtenção directa da altura ortométrica que está referenciada ao Marégrafo de Cascais 1938. O Zero Hidrográfico, em Portugal, está 2.00m abaixo da Nível Médio das Águas do Mar – Cascais 1938.

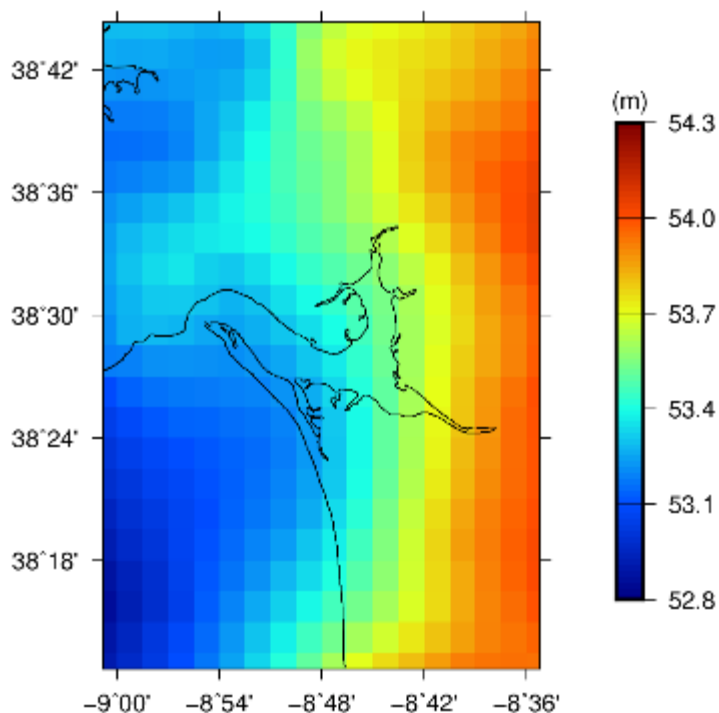


Figura 1: Ondulação do Geóide oficial GeodPt08 na zona do trabalho

Toda a metodologia de observação foi realizada com o recurso à Estação Permanente de Palmela da ReNEP, com a obtenção directa da altura ortométrica (H) através da utilização do modelo de geóide oficial. As alturas referenciadas ao ZH são então derivadas da altura ortométrica ($ZH=H+2.00$ m).



Figura 2: Esquema dos diferentes referenciais altimétricos (Fonte: IH)

2.1.3 Metodologia de Observação

A utilização da metodologia NRTK permite a correção de todas as observações GNSS obtidas através de uma, ou mais estações de referência na zona de influência do trabalho. A geometria e as próprias limitações da ReNEP levaram à escolha da estação de Palmela (PMLA) como estação de referência para todos os trabalhos. A distância máxima entre PMLA e a zona de trabalho é inferior a 17 km, o que permite obter uma precisão (melhor que 5 cm) de acordo com o estipulado.



Figura 3: Geometria das Estação Permanente de Palmela (PMLA) relativa à zona do trabalho.

A utilização desta metodologia permite a utilização de vários equipamentos simultaneamente ligadas à mesma estação e em intervalos temporais diferentes.

2.1.4 Relatório sistema de coordenadas

Introdução

O presente documento descreve as metodologias adoptadas, resultados obtidos e análise na materialização do Sistema de Referência. A descrição apresentada reflecte o proposto no documento “Metodologia e Cronograma” apresentado no final de Agosto.

Sistema de referência

O Sistema de Referência a adoptar é o ETRS89/PT-TM06 (Sistema de Coordenadas Planimétrico) e como referencial altimétrico o Zero Hidrográfico (ZH).

Observações

Entre os dias 31 de Agosto de 2018 e 10 de Setembro de 2018 foi realizada a observação dos pontos pertencentes à RGAPSS (Rede Geodésica Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra) e o ponto do Marégrafo de Tróia com os parâmetros de observação descritos na Tabela 1

Tabela 1: Parâmetros de Observação

Equipamento	GNSS
Metodologia	NRTK (ReNEP)
Número de Épocas	300
Estação de Referência	PMLA (Palmela)

Desta forma, para cada ponto pertencente à RGAPSS, foram calculadas as coordenadas no sistema ETRS89 PTM06 através do aplicativo disponibilizado pela DGT (Direção Geral do Território) e posteriormente calculada a diferença para as observações efectuadas pelo consórcio.

Ponto APSS_01_09

Ponto não observado. O cabo que atracava uma embarcação, à data das tentativas de observação, obstruía o ponto assim como impossibilitava o estacionamento do equipamento para efetuar a respectiva observação. Tabela 2: Coordenadas do APSS_01_09 (em metros)

Tabela 2: Parâmetros de Observação

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)	-69788.92	-130338.86	5,261
Transformação para ETRS89 PTTM06	-69786.06	-130339.11	5,261
Observação ETRS89 PTTM06	-	-	-
Diferença	-	-	-



Figura 4: Localização do APSS_01_09

Ponto Observado.

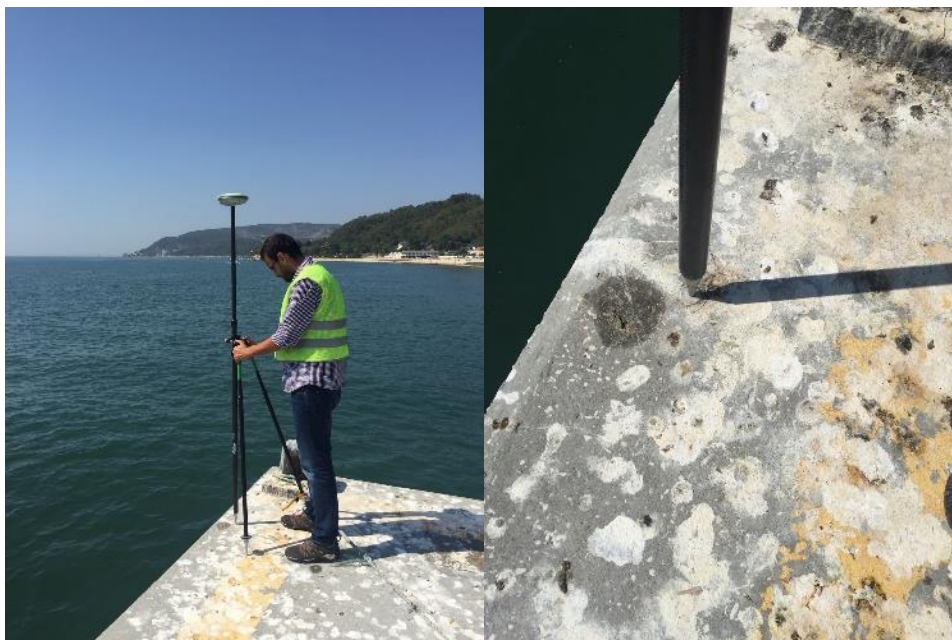


Figura 5: Localização do APSS_02_09

Tabela 3: Coordenadas do APSS_02_09 (em metros)

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)	-66930.91	-127420.72	4.83
Transformação para ETRS89 PTTM06	-66928.09	-127420.94	4.83
Observação ETRS89 PTTM06	-66927.87	-127421.00	4.82
Diferença	-0.22	0.06	0.01

Ponto APSS_03_09

Ponto destruído. Foi observado um ponto alternativo já materializado no local – marca de bronze cravada. Resolveu-se observar este ponto dada a situação geográfica deste local que servirá para trabalhos futuros.

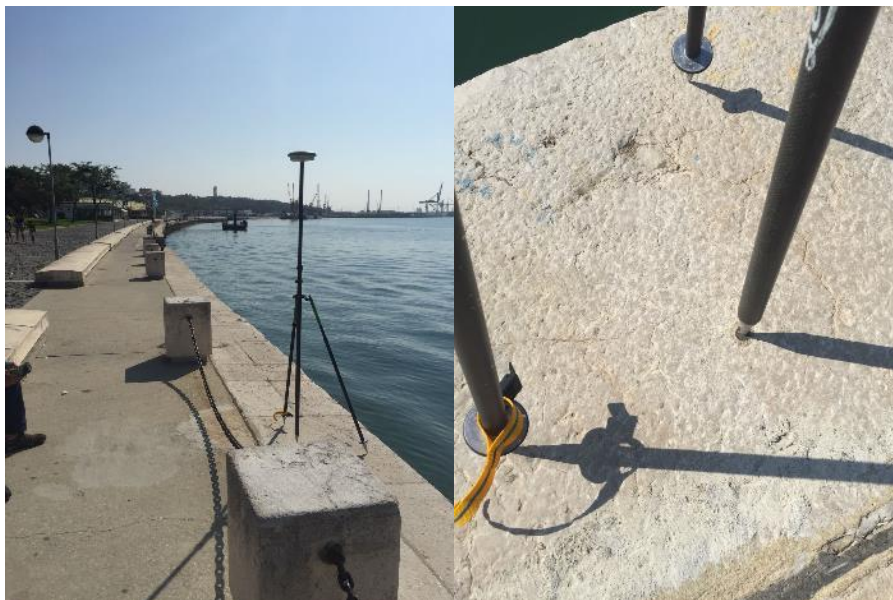


Figura 6: Localização do APSS_03_09

Tabela 4: Coordenadas do APSS_03_09 (em metros)

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)	-	-	-
Transformação para ETRS89 PTTM06	-	-	-
Observação ETRS89 PTTM06	-66134.94	-127156.64	4.57
Diferença			

Ponto observado.

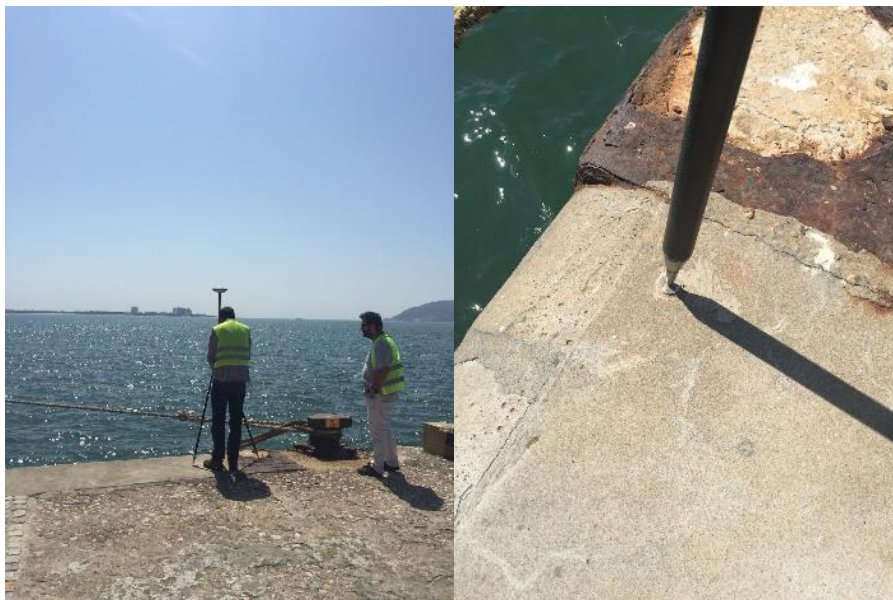


Figura 7: Localização do APSS_04_09

Tabela 5: Coordenadas do APSS_04_09 (em metros)

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)	-65459.68	-127256.13	4.86
Transformação para ETRS89 PTTM06	-65456.88	-127256.33	4.86
Observação ETRS89 PTTM06	-65456.64	-127256.39	4.88
Diferença	-0.24	0.06	-0.02

Ponto APSS_05_09

Ponto destruído.

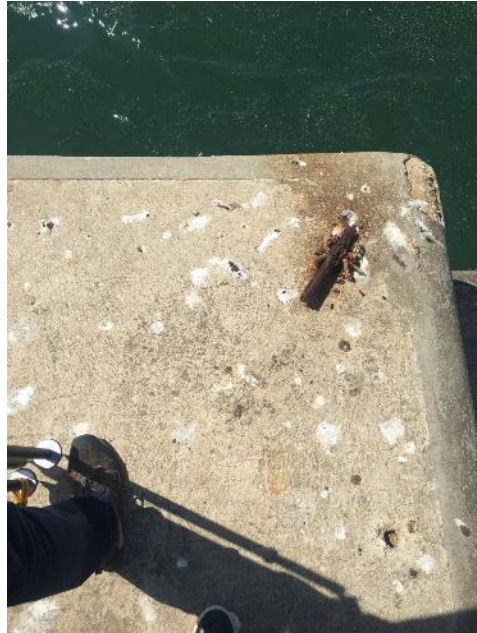


Figura 8: Localização do APSS_05_09

Ponto APSS_06_09

Ponto observado.

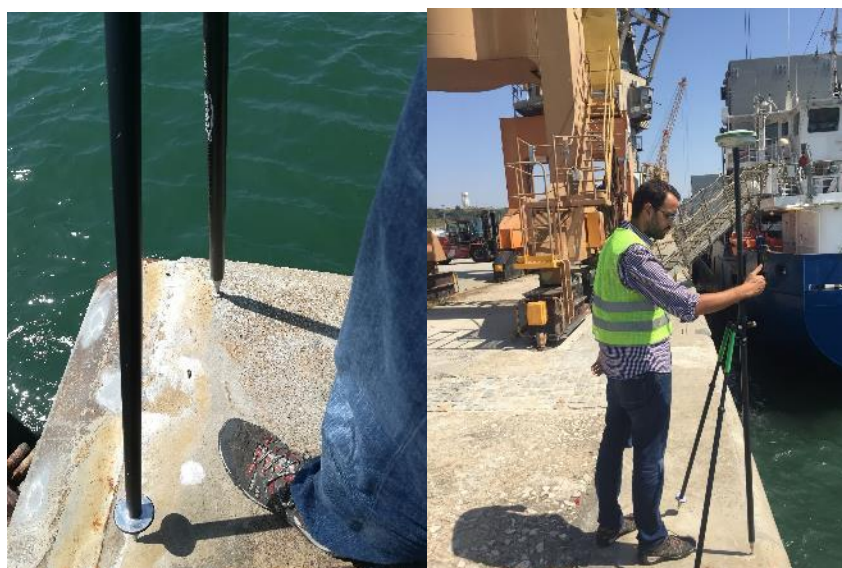


Figura 9: Localização do APSS_06_09

Tabela 6: Coordenadas do APSS_06_09 (em metros)

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)	-64800.05	-127676.64	4.67
Transformação para ETRS89 PTTM06	-64797.26	-127676.82	4.67
Observação ETRS89 PTTM06	-64796.98	-127676.90	4.73
Diferença	-0.28	0.08	-0.06

Ponto APSS_07_09

Ponto observado.

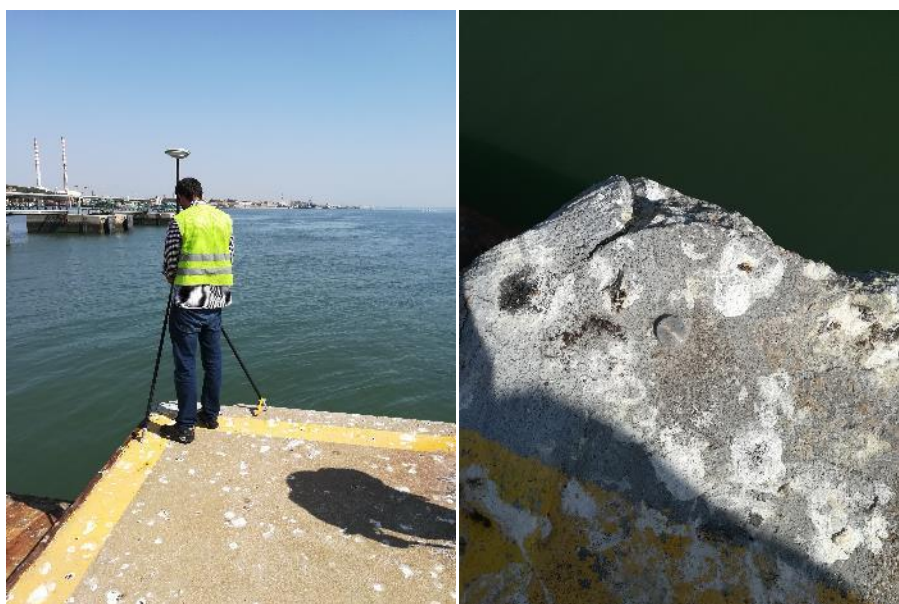


Figura 10: Localização do APSS_07_09

Tabela 7: Coordenadas do APSS_07_09 (em metros)

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)	-63671.68	-128354.44	4.73
Transformação para ETRS89 PTTM06	-63668.89	-128354.60	4.73
Observação ETRS89 PTTM06	-63668.64	-128354.72	4.77
Diferença	-0.25	0.12	-0.04

Ponto APSS_08_09

Ponto destruído.

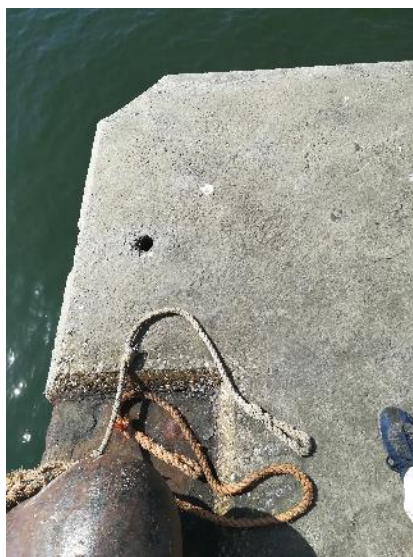


Figura 11: Localização do APSS_08_09

Ponto MARÉGRAFO_TROIA

Ponto Observado.

Informação do IH:

4,840 m abaixo da marca IH BH 30/2011 cimentada no antigo cais leste de atracação dos ferrys, junto ao abrigo do marégrafo.*

A cota da marca IH BH 30/2011 foi obtida com recurso ao GGPS (forçada com cotas de pontos nivelados geometricamente: IH BH 28/99 e IH BH 5/2011).



Figura 12: Localização do Marégrafo de Tróia

Tabela 8: Coordenadas do Marégrafo de Tróia (em metros)

	M	P	H (ZH)
Publicadas (datum 73)			4.84
Transformação para ETRS89 PTTM06			
Observação ETRS89 PTTM06	-66969.12	-130035.10	4.82
Diferença			0.02

Tabela 9: Síntese dos erros obtidos nos pontos RGAPSS e Marégrafo de Tróia (em metros)

	M	P	H (ZH)
Média	-0.25	0.08	-0.02
Máximo	-0.28	0.12	-0.06
Mínimo	-0.22	0.06	-0.01
EMQ		0.26	0.03

Análise dos resultados

Analisando os valores obtidos, a nível planimétrico, existe uma tendência de desvio de -0.25 m em M e de 0.08 m em P, e não tendo informação sobre a metodologia utilizada na obtenção das coordenadas, não poderemos inferir qual a razão para este desvio. A metodologia por nós adoptada e a utilização de diferentes equipamentos (do tipo GNSS) garante que os resultados por nós obtidos estarão dentro da incerteza do trabalho.

A nível altimétrico a incerteza obtida está abaixo da referenciada.

Desta forma, considera o consórcio que a metodologia e os resultados obtidos cumprem as especificações do trabalho e poderão ser utilizados posteriormente.

2.2. Batimetria com Monofeixe

O consórcio utiliza as mais recentes tecnologias em navegação (SOFTWARE PDS2000, QINSy, HYPACK), sistemas de posicionamento via satélite (dois receptores GNSS com dupla frequência em tempo real) e hidrografia (ODOM CVM Hydrographic Probe) e SVP. Desta forma, com o ecobatímetro Echotrac CVM podemos determinar a profundidade e conhecer as características do fundo do mar através da porção de energia acústica refletida pelo fundo. O ecobatímetro Echotrac CVM é protegido contra ambientes adversos (poeira, salpicos, etc.), resistindo a condições adversas e permitindo a sua instalação em pequenas embarcações onde não há cabine disponível. O pequeno peso do transdutor e os diferentes tipos de ancoragem permitem que seja fixado em qualquer tipo de embarcação, sendo de fácil e rápida montagem e desmontagem.

A sonda acústica Odom Echotrac é uma sonda digital de dupla frequência de feixe único (24-200 kHz) com gravação contínua digital e analógica em papel com uma precisão de 0.01m. A sua alta taxa de disparo permite obter até 3 medições por segundo. Tem uma frequência dupla seleccionável, sendo capaz de seleccionar alta, baixa ou ambas as frequências. Apresenta um ajuste automático de frequência para corresponder exactamente o transdutor e o receptor, isso elimina os ruídos da superfície externa e aumenta a força do eco. O ajuste pode ser manual ou automático, para adaptar diferentes transdutores.

A profundidade medida não depende só da sonda - há outros factores a serem considerados ao se obter uma medição real.

Profundidade real = profundidade medida pela sonda + correcção da configuração do transdutor + correcção instrumental obtida por sonda de velocidade do som + correcção da maré.

O sistema obtém a cada 0.2 segundos (através do HYPACK) o posicionamento em X-Y-Z com precisão entre 1 a 2 cm, bem como a profundidade em relação à antena GNSS com uma precisão de 1 cm.

Antes de iniciar-se a campanha batimétrica as cartas náuticas são analisadas em gabinete, sendo definidas as linhas ou trajetos de acordo com as profundidades de forma a cobrir toda a área referente ao estudo batimétrico.

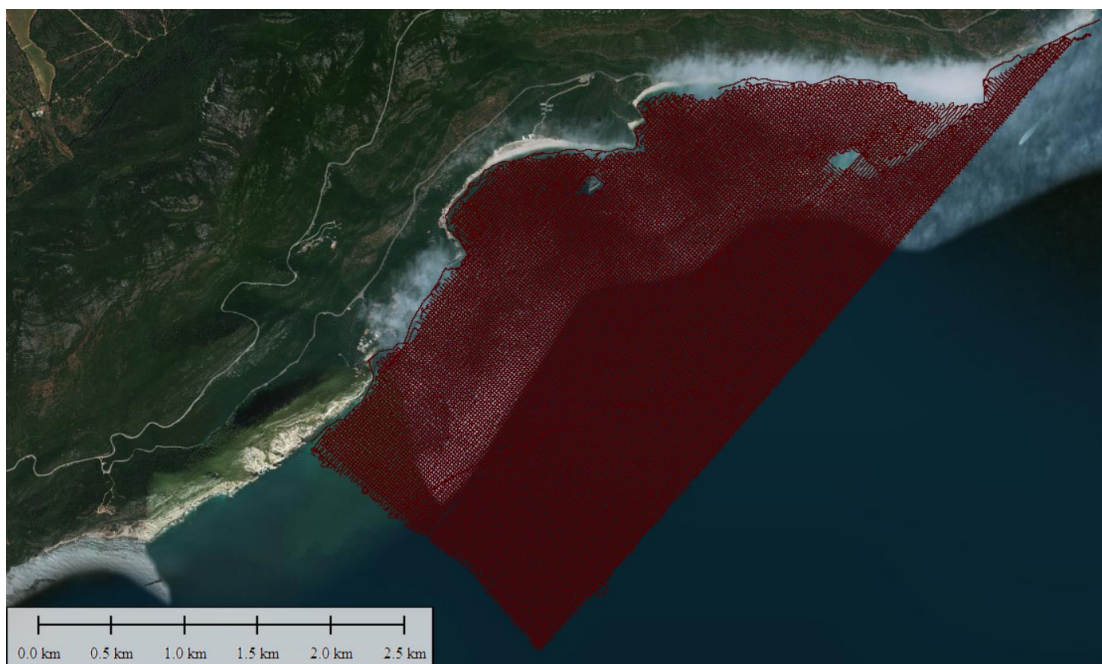


Figura 13: Linhas de navegação feitas com uma separação de 20m na zona do Portinho da Arrábida com a obtenção de uma malha final de 10m x 10m.

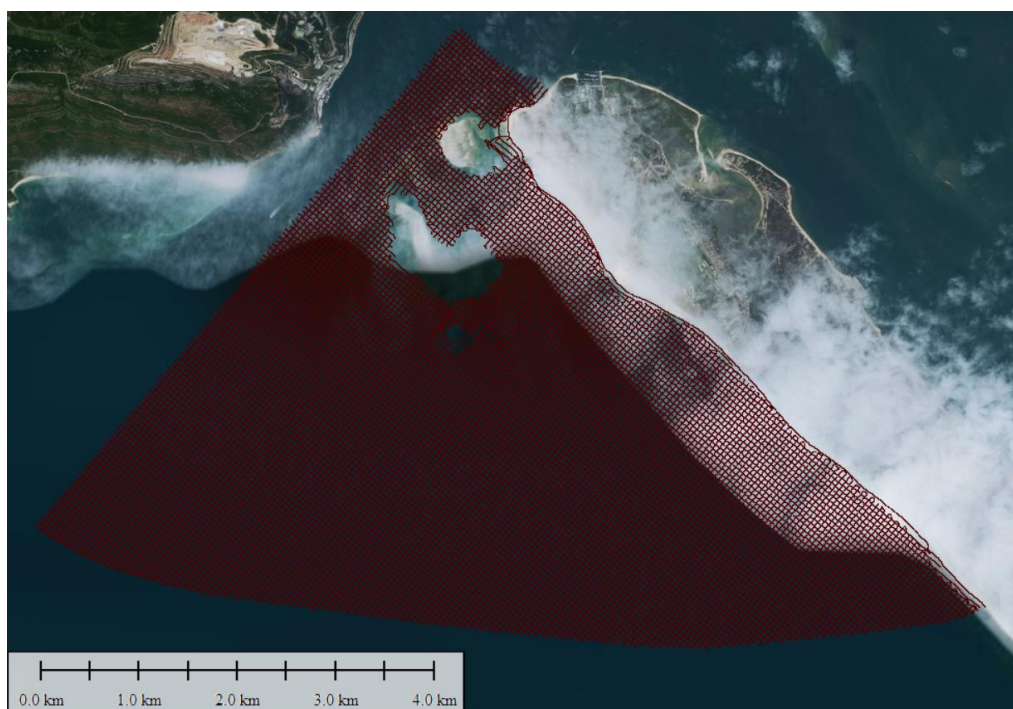


Figura 14: Linhas de navegação realizadas com uma separação de 50m na zona de Vazante Nascente com a obtenção de uma malha final de 20m x 20m.

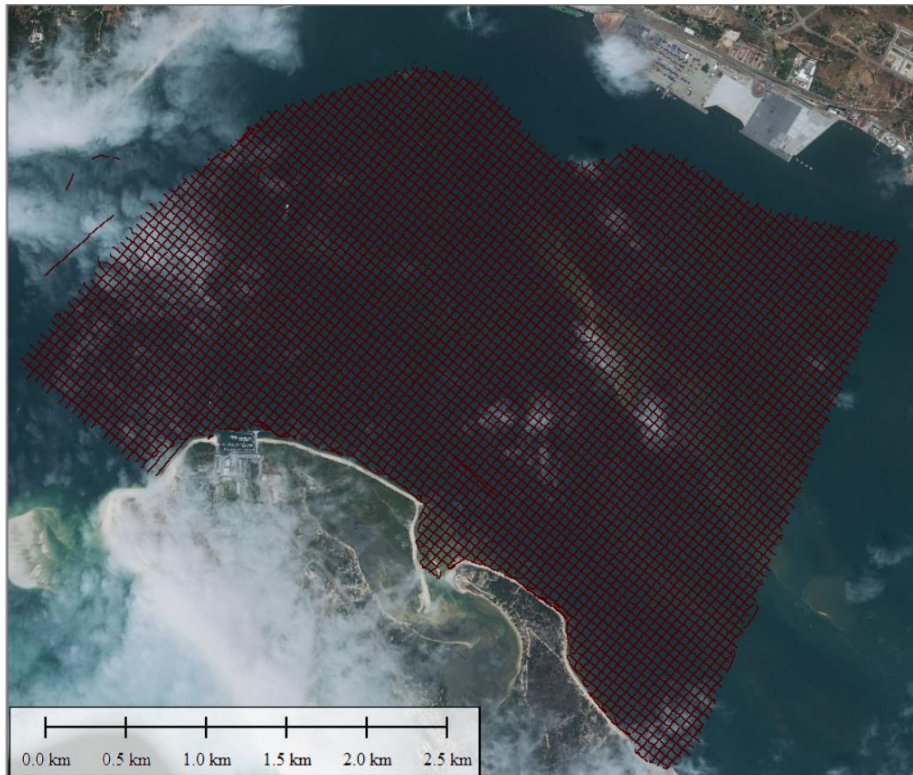


Figura 15: Linhas de navegação espaçadas de 50m na zona do Delta de Enchente com a obtenção de uma malha final de 20m x 20m.

A posição da embarcação é dada pelo GNSS, com uma actualização posicional a cada 0.2 segundos em relação às linhas de navegação planeadas.

Todos os pontos são registados descrevendo as linhas de navegação resultantes (X-Y-Z BATHYMETRIC). Desta forma, obtém-se um registo digital de pontos com as coordenadas da sondagem, que depois de processados por um software de modelação digital geram as curvas batimétricas com as equidistâncias desejáveis.

Este sistema combinado entre a sonda instalada na embarcação e o GNSS colocado na embarcação, permite a instalação imediata do equipamento batimétrico e um desempenho rápido e eficaz em qualquer tipo de trabalho batimétrico, tanto multifeixe como feixe único.

Para realizar o trabalho, o ecobatímetro foi calibrado com o perfil de velocidade do som, teste de latência e Bar Check. Uma vez verificada a leitura correcta do ecobatímetro foram realizados os trajectos definidos anteriormente em gabinete.

Antes de se iniciar a aquisição dos dados e prosseguir com a calibração, foi necessário fazer um perfil da velocidade de propagação do som na água. Esta operação é realizada no início, com a mudança de maré e no final de cada estudo. Este perfil é necessário para o cálculo da profundidade pelo eco-sonar de feixe único.

É importante perceber este perfil nas áreas de profundidade máxima, bem como em áreas onde o perfil pode variar devido à influência de diferentes factores, uma vez que a velocidade do som na água varia com a temperatura, salinidade e pressão existentes nas zonas de estudo. Este valor é inserido no software HYPACK.

2.3. Batimetria com Multifeixe

Nas áreas especificadas pela APSS o levantamento batimétrico foi efectuado com recurso a um sistema multifeixe de alta precisão angular ($0.9^{\circ} \times 0.9^{\circ}$). A georreferenciação deste sistema em planimetria e altimetria foi realizada com recurso a um equipamento GNSS-RTK.

Sempre que uma nova instalação era realizada, foi necessário medir meticulosamente todos os deslocamentos existentes entre todos os componentes do equipamento multifeixe, o sensor de movimento e a antena do GNSS, bem como realizar uma nova calibração (PATCH TEST).

As medidas X, Y, Z do offset foram introduzidas no software. Estas medidas dependem da embarcação em que está instalado e da campanha em questão. Estas medidas devem ser realizadas em cada montagem do equipamento devido às diferentes posições.

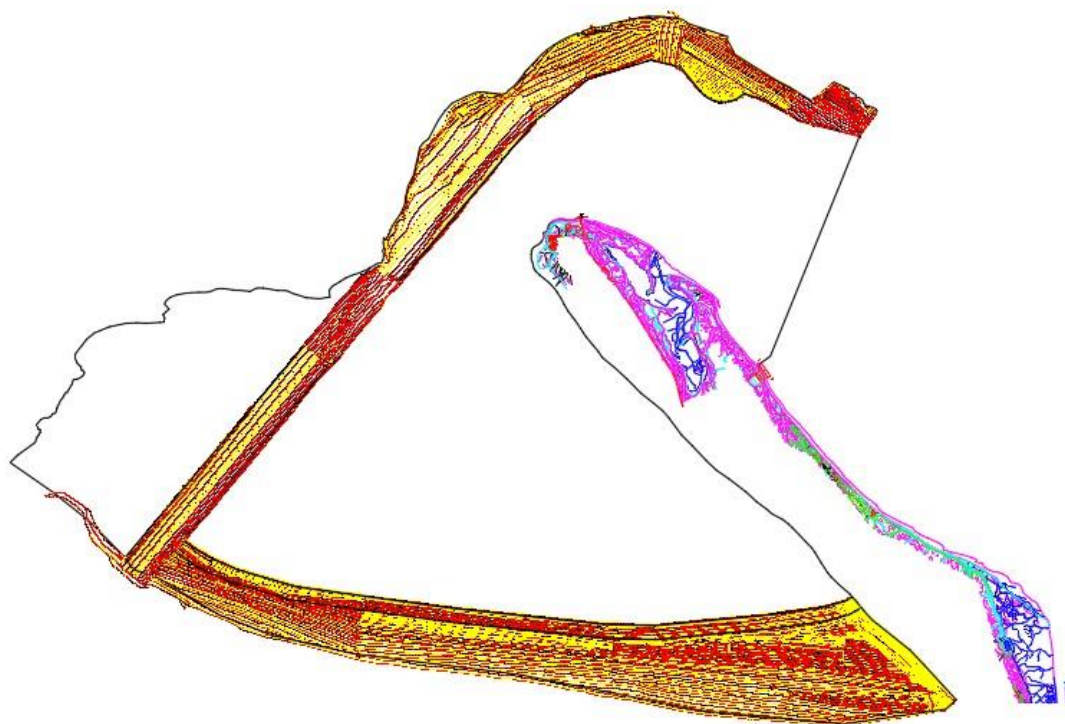


Figura 16: Linhas de navegação efectuadas com multifeixe na zona do Canal e Vazante Nascente

Antes de iniciar a aquisição dos dados é necessário realizar a calibração do equipamento, para tal foi necessário fazer um perfil da velocidade de propagação do som na água. Esta operação é realizada no início, com a mudança de maré e no final de cada estudo. Este perfil é

necessário para o cálculo da profundidade pelo eco-sonar de multifeixe. É importante perceber este perfil nas áreas de profundidade máxima, bem como em áreas onde o perfil pode variar devido à influência de diferentes factores, uma vez que a velocidade do som na água varia com a temperatura, salinidade e pressão existentes nas áreas de estudo. Este valor é introduzido no software PDS2000, que também possui os dados em tempo real do MINISvp, que é colocado na “cabeça” do sonar multifeixe.

Durante a aquisição dos dados, o padrão da embarcação segue a rota das linhas de navegação previamente programadas no PDS2000, baseando-se nas indicações visíveis no monitor do computador que o avisa por meio de alarmes visuais e audíveis quando se afasta da rota mais que um determinado valor. Também mostra avisos quando há algum problema em algum periférico, como a perda de correcções diferenciais.

No caso em questão, todas as linhas de navegação foram feitas de acordo com o planeado sem qualquer impacto perceptível, chegando a sonda a todas as zonas necessárias até ao nível -1, não sendo possível aproximar-se de terra por razões de segurança devido aos baixios existentes.

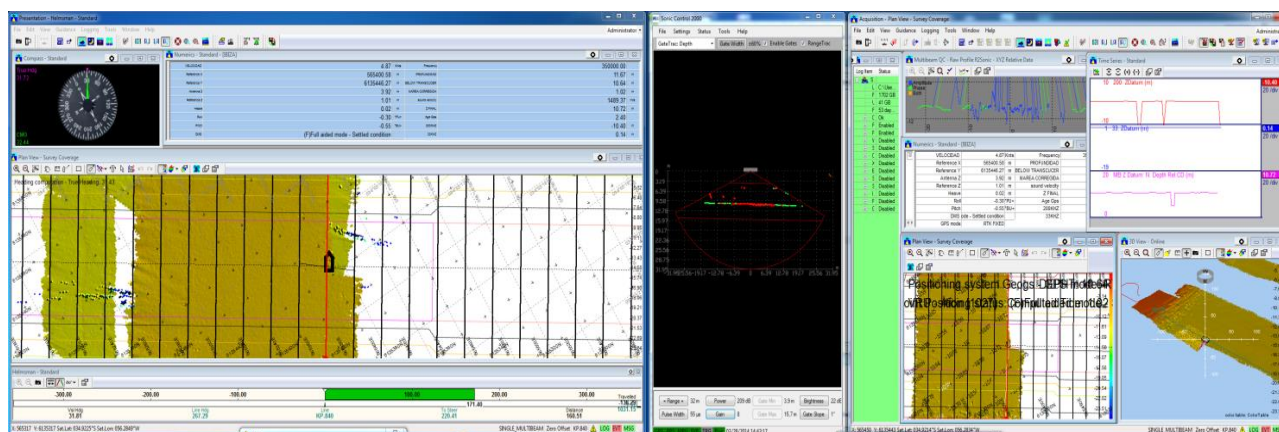


Figura 17: Imagens do Software

Enquanto o padrão da embarcação segue as linhas de navegação, o programa PDS2000 captura todos os dados de posição, assim como os 256 feixes enviados pelo sonar multifeixe por cada pulso de transmissão, assim como os valores do rumo, altura da onda (heave) e os ângulos de pitch & roll enviados pelo sensor de movimento.

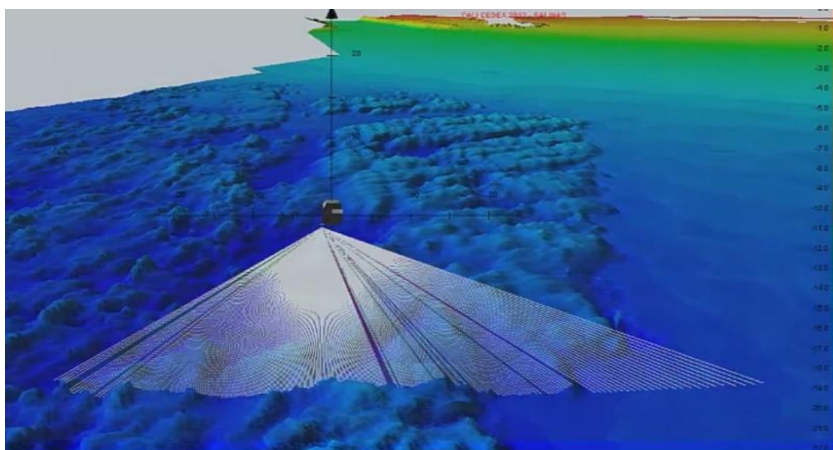


Figura 18: Exemplo do funcionamento do multifeixe

A sincronização dos dados adquiridos pelas equipas e periféricos é realizada pelo PDS2000, complementado pela entrada do tempo e o pulso por segundo (PPS) fornecido pelo ASTECH 802, para que todos os dados tenham concordância ao longo do tempo.

Após a aquisição dos dados, procedeu-se à sua edição através da eliminação de ruídos e interferências detectadas pelo sonar. Neste processo foram realizados no software de aquisição PDS2000 - módulo de edição.

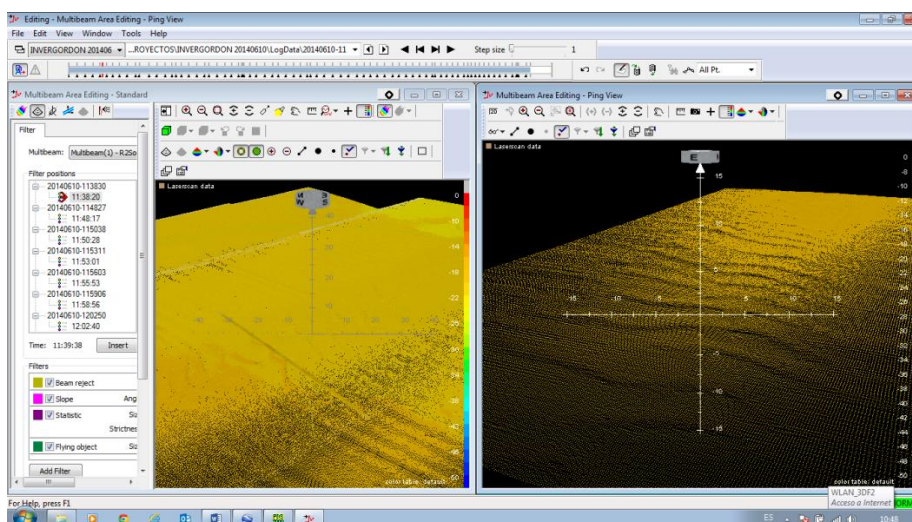


Figura 19: Exemplo do funcionamento do módulo de edição

2.4. Topografia com Drone

A aquisição de dados da superfície do terreno, praias emersas e dunas foi realizado com recurso a equipamento do tipo drone. Estes levantamentos foram efectuados nas seguintes datas:

Tabela 10 – Data dos voos

Praia	Data	Altura Maré Baixa (em metros)
Albarquel	2018-10-08	0.5
Alpertuche	2018-09-10	0.4
Coelhos	2018-09-10	0.4
Figueirinha	2018-10-09	0.4
Galapos	2018-09-13	0.6
Portinho	2018-09-10	0.4
Tróia Nascente	2018-09-11	0.4
Tróia Poente	2018-09-12	0.4

A fim de minimizar o tempo de processamento e maximizar a qualidade do produto final, foi resolvido efectuar mais de 10 Pontos de Controlo (PCs) por cada área de trabalho, chegando a existir por cada perfil, em praia, mais de três PCs. Os respectivos relatório encontram-se em anexo.



Figura 20: Exemplos de Pontos de Controlo utilizados

Após a materialização dos pontos de controlo no terreno estes foram observados por equipamento do tipo GNSS e posteriormente introduzidos no software Agisoft para produção da nuvem de pontos e respectivos ortofotos.

2.3. Topografia com Laser Scanning 3D (Mobile Mapping)

A fim de se colmatarem omissões e de se adensar a informação topográfica obtida por Drone, efectuou-se a completagem de campo.

Zonas com arvoredo denso e sem possibilidade de aquisição de dados ao nível do solo, “zonas de sombra” em que edificações (ou outros fenómenos físicos) bloquearem a visibilidade aérea, etc... foram algumas das situações em que se teve que recorrer à completagem topográfica.

Em virtude de estarem em causa grandes áreas de trabalho, o recurso aos métodos “clássicos” de topografia foram substituídos por meios tecnológicos de ponta. Meios estes capazes de capturar uma quantidade de dados incomensurável relativamente aos “métodos clássicos” e num tempo útil reduzido.

A completagem recorreu ao varrimento Lidar por Mobile Mapping.



Figura 21: Exemplo dos dados da completagem na praia de Alpertuche

3. Descrição dos equipamentos Utilizados

3.1. Apresentação e Operação de equipamento Multifeixe e Monofeixe

Levantamentos batimétricos de monofeixe

- Ecosonda mono-feixe ODOM CVM 200/24khz;
- Sensor de velocidade de som DIGIBAR S;
- Software de hidrografia HYPACK/HYSWEEP;
- CPU com processador de 8 núcleos intel-core i7;
- GPS Stonex S10 GNSS;
- Embarcação
- Hidrógrafo.

Levantamentos batimétricos de multi-feixe

- Ecosonda multifeixe R2-SONIC 2022;
- Sensor de movimento DMS03-05 (TELEDYNE TSS);
- Heading&Positioning RTK_DS_ABX_802;
- Sensor de velocidade de som superficial MINI_SVS em tempo real (VALEPORT);
- Sensor de velocidade de som DIGIBAR S;
- Software Hidrografico PDS2000;
- CPU com processador de 8 núcleos INTEL CORE I7;
- GPS Stonex S10 GNSS;
- Embarcação;
- Hidrógrafo.

3.2. Apresentação e Operação de equipamento drone

Dadas as diferentes extensões das praias a cartografar foram utilizados dois tipos de drone: asa fixa e multirotor.

Multirotor:

- DJI Phantom 4 Pro V2.0

Asa fixa:

- senseFly eBee Classic



DJI Phantom 4 Pro V2.0



senseFly eBee Classic

3.3. Apresentação e Operação de equipamento Laser Scanning 3D (Mobile Mapping)

O varrimento Lidar (Light Detection And Ranging) por mobile mapping adoptado assenta na tecnologia SLAM (Simultaneous Localisation and Mapping). Esta tecnologia combina dois sensores Lidar, 5 câmaras, um compensador inercial e um receptor GNSS. Tudo isto junto num equipamento portátil, instalado numa mochila transportada pedonalmente pelo técnico responsável pelo levantamento. O técnico tem como suporte um tablet pc que é usado como interface com o equipamento (Backpack), de modo a poder monitorizar os processos e garantir a boa execução dos trabalhos em curso.



Figura 22: Leica Pegasus Backpack

4. Incidências

4.1. Batimetria

Nesta seção expomos a ordem dos trabalhos realizados e os incidentes durante a execução dos mesmos.

4.1.1 Batimetria mono-feixe na zona do Portinho da Arrábida

Os trabalhos nesta zona tiveram início a 3 de setembro de 2018, com a instalação do equipamento a bordo da embarcação utilizada e respectiva verificação/validação, e que terminou a 20 de outubro de 2018.

Durante a execução dos trabalhos nesta zona existiram problemas que limitaram o desenvolvimento dos mesmos, nomeadamente:

- As marés altas não eram grandes o suficiente para trabalhar em segurança, não conseguimos aceder a várias zonas;
- A existência de boias que delimitavam as zonas de praia (zonas balneares) nas praias da Figueirinha e Galapos;
- Área ocupada com pequenas embarcações.

Devido aos motivos apresentados, iniciaram-se os trabalhos na Vazante Nascente e Delta Enchente a 28 de Setembro de 2018.



Figura 23: Zona do Portinho da Arrábida – Mono-feixe com malha 20m (880,5 Ha)

4.1.2 Batimetria mono-feixe na área de Vazante Nascente e Delta Enchente

Os trabalhos nesta zona tiveram início a 28 de setembro de 2018, nos dias em que as marés eram mais adequadas, paralelamente ia-se completando a zona do Portinho da Arrábida.

No dia 12 de outubro foi realizada uma reunião com a APSS, na qual existiu uma reformulação das áreas prioritárias. Assim, iniciámos os trabalhos de multi-feixe no Canal e Vazante Nascente, alterando a ordem de prioridade previamente estabelecido.



Figura 24: Zona do Vazante Nascente – Mono-feixe com malha 50 m (3082.2 Ha)



Figura 25: Zona do Delta de Enchente – Mono-feixe com malha de 50 m (1120 Ha)

4.1.3 Batimetria multi-feixe na zona do Canal e Nascente Vazante

De acordo com as indicações estabelecidas na reunião de 12 de outubro, o trabalho começou nesta área a 15 de outubro de 2018. Iniciaram-se os trabalhos na zona de aterro a nascente do terminal Ro-Ro.

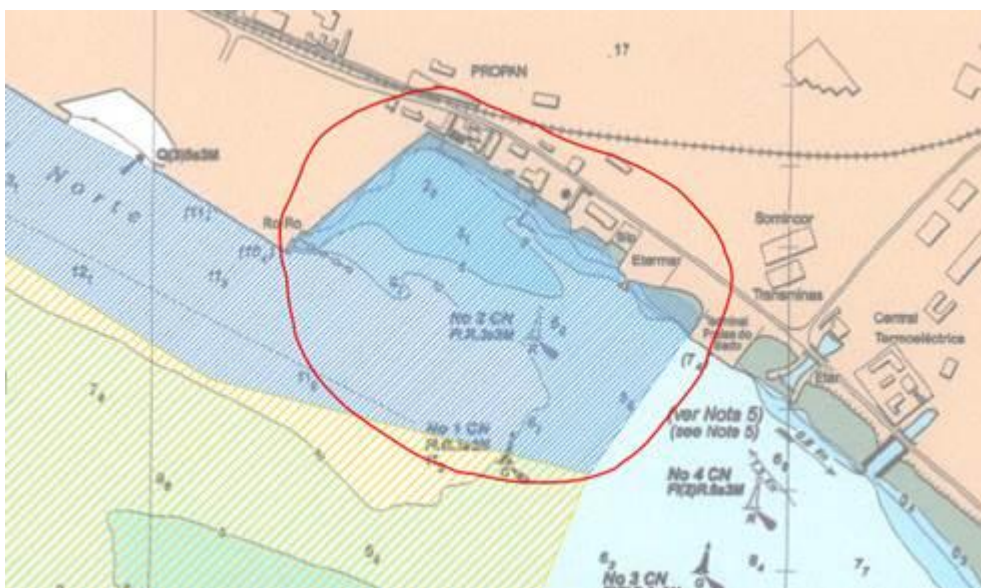


Figura 26: Zona do terminal Ro-Ro

Segundo as indicações, uma vez terminada esta zona, iniciou-se o trabalho no canal e na zona de deposição do delta.

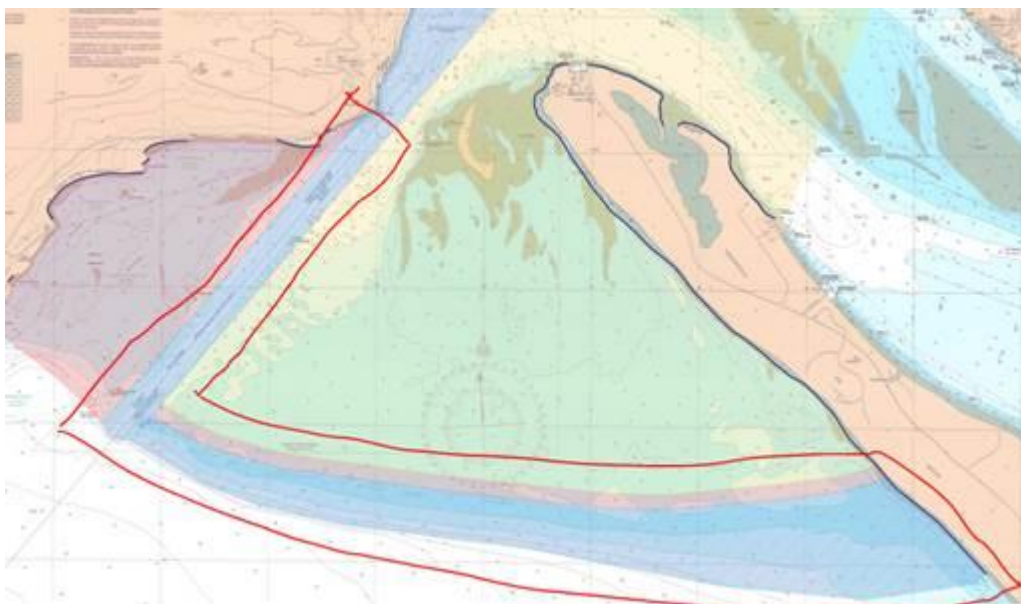


Figura 27: Zona do trabalho

No levantamento da área do canal teríamos de realizar a batimetria até a curva batimétrica - 45 ZH conforme estabelecido na reunião com a APSS.



Figura 28: Zona do trabalho

Segundo as indicações dadas na reunião com a APSS, o levantamento é feito na zona de deposição do delta de Oeste para Este.

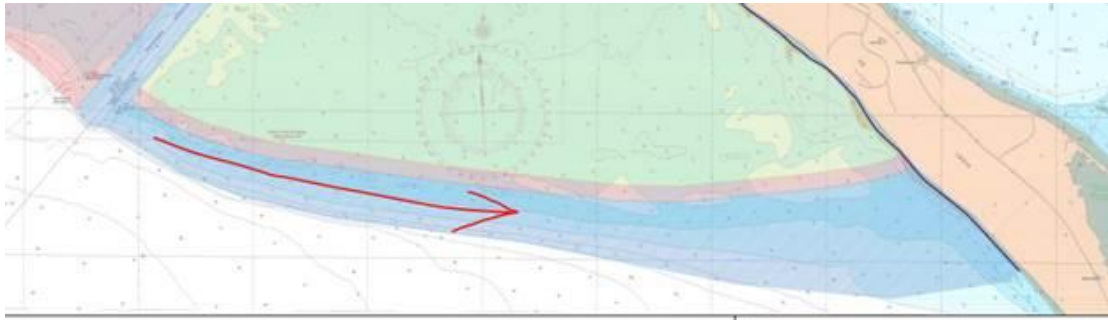


Figura 29: Zona do trabalho

Nesta área específica, somos informados de que a norte, o levantamento teria de ser por multi-feixe (área a vermelho) e não por mono-feixe como estava previsto, até ao nível mais baixo possível e a Sul até à batimétrica -15ZH com exceção da área indicada a amarelo.

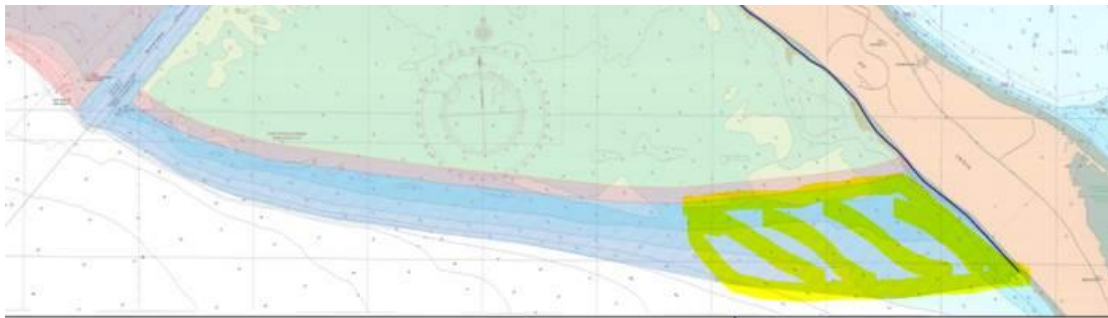


Figura 30: Zona do trabalho



Figura 31: Zona do Canal – Multi-feixe (829.2 Ha)



Figura 32: Zona do Vazante Nascente – Multi-feixe (944.7 Ha)



Figura 33: Zona do Vazante Nascente – Multi-feixe (200.1 Ha)

O levantamento multi-feixe terminou no dia 15 de Novembro sem nenhum incidente a reportar.

A registar alguns dias em que não se realizaram trabalhos devido a burocracias relacionados com documentação da embarcação (30 de Outubro) e também devido a agitação marítima (4, 8 e 9 de Novembro).

4.1.4 Batimetria mono-feixe na zona do Vazante Nascente e Delta Enchente

Os trabalhos nesta área foram retomados a 20 de novembro de 2018, nas zonas das praias da Arrábida aproveitando as marés altas e a inexistência de boias possibilitando uma maior aproximação à costa.

Após finalizar estas áreas, prosseguiu-se com a zona Delta Enchente. Os trabalhos na área Vazante Nascente foram retomados a 3 de Dezembro.

Os trabalhos de mono-feixe terminaram no dia 11 de Janeiro sem nenhum incidente a registar.

Não foi possível trabalhar, devido à Capitania Marítima (solicitou nova documentação), de 10 a 17 de Dezembro, e devido ao mau estado do mar em 29, 30 Novembro, 18, 26, 27, 28 de Dezembro e 3 de Janeiro.

4.2. Drone

Por forma a cumprir o caderno de encargos e assim termos mais áreas em comum entre a topografia e a batimetria, os voos dos levantamentos foram efectuados na baixa mar de águas vivas. Por questões técnicas devido à claridade das praias, estas foram realizadas nas primeiras horas do nascer do sol. Desta forma, foi necessário encontrar as melhores marés e às primeiras horas de claridade.

Por forma a cumprir a legislação, foi solicitada ao ICNF a autorização aos voos respeitantes às praias na zona da Arrábida (Ver Ofício Nº 47885-2018-DCNF-LVT.pdf).

4.3. Laser Scanning 3D (Mobile Mapping)

De modo a garantir a completagem e captura de dados em zonas com omissões, e assim também aferir a altimetria entre os levantamentos por drone e por mobile mapping, para além do varrimento nas zonas omissas, efectuaram-se passagens com o Backpack Pegasus em zonas com sobreposição planimétrica ao levantamento efectuado por drone.



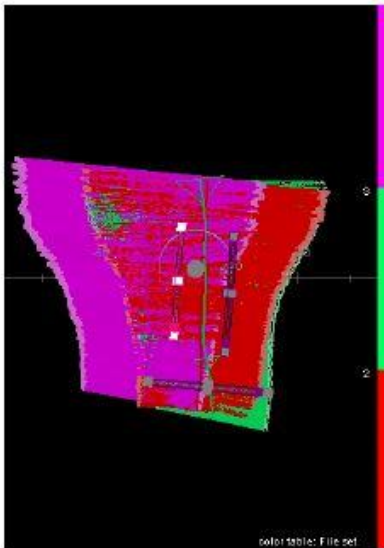
Figura 34: Captura de dados em Troia Este

5. Relatórios Calibração
5.1. Batimetria

Dia 25-10-2018 (Zona Vazante Nascente e Canal)

Multibeam Calibration Summary

jueves, 25 octubre 2018, 10:12:57



Calibration file: C:\Users\Public\Documents\PDS2000 Projects\SETUBAL\180711 cali_rtk_la linea[mbs1].mbo

Roll

Results:
Roll Calibration range from -5.00 °PU+ to 5.00 °PU+, step 0.01 °PU+
Roll mounting angle = 0.31 °PU+

Pitch

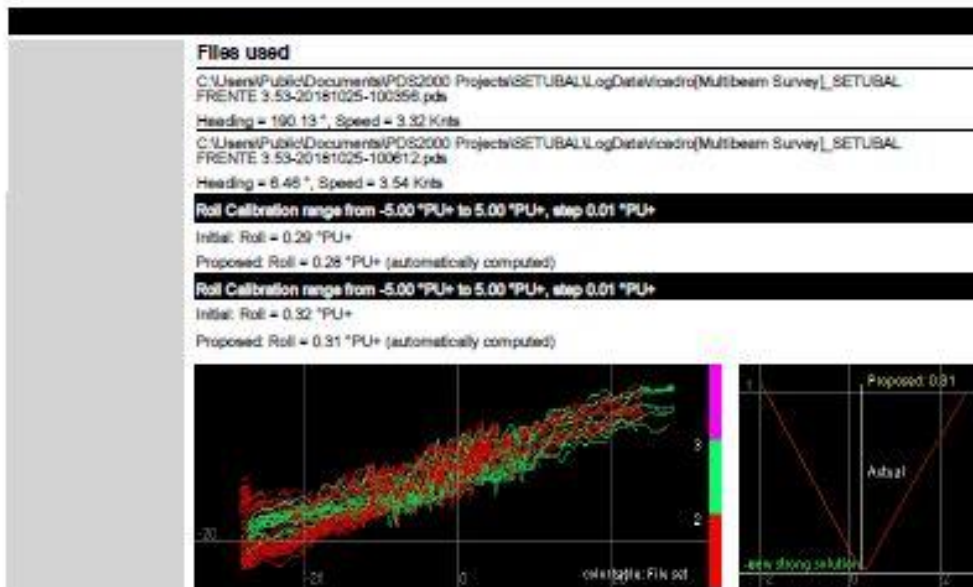
Results:
Pitch Calibration range from -5.00 °BU+ to 5.00 °BU+, step 0.01 °BU+
Pitch mounting angle = -1.55 °BU+

Yaw

Results:
Yaw Calibration range from -5.00 ° to 5.00 °, step 0.01 °
Yaw mounting angle = 1.35 °

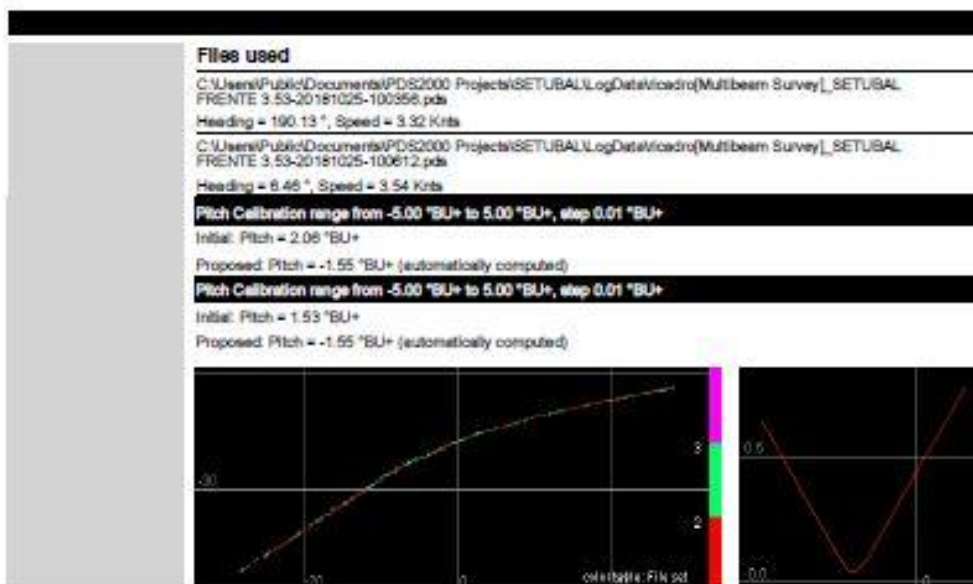
Multibeam Calibration Roll Results

quarta, 25 outubro 2018, 10:12:57



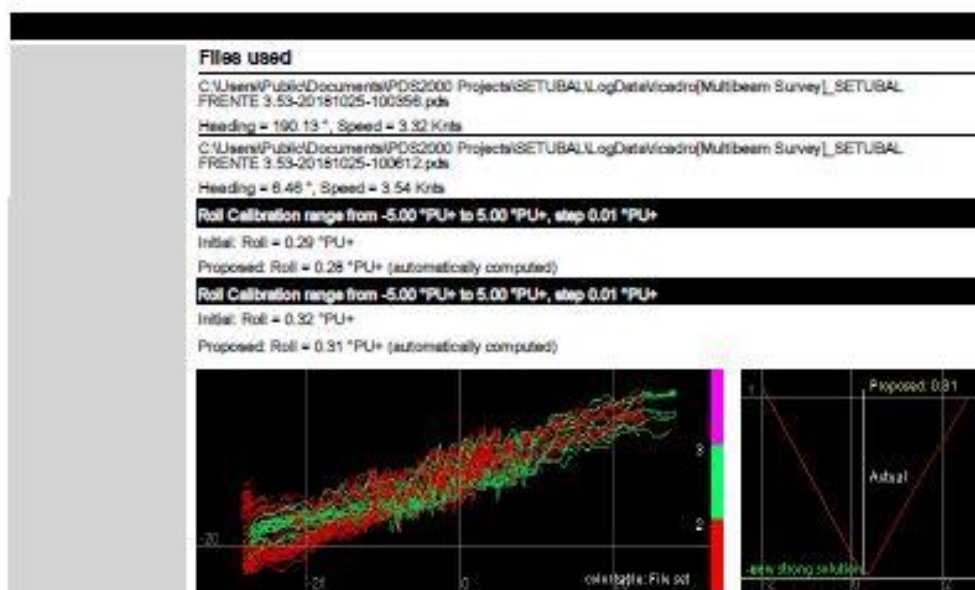
Multibeam Calibration Pitch Results

quarta, 25 outubro 2018, 10:12:57



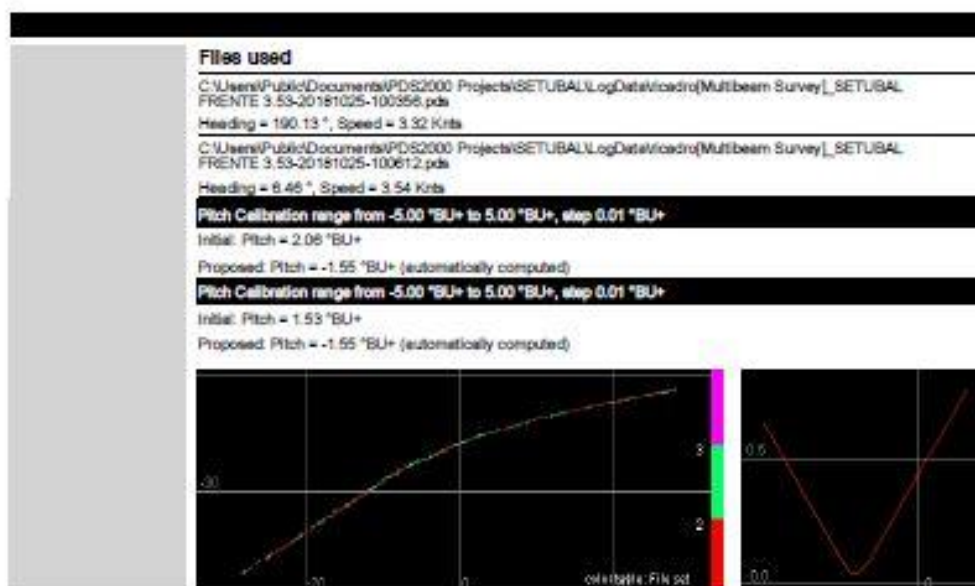
Multibeam Calibration Roll Results

quarta, 25 outubro 2018, 10:12:57



Multibeam Calibration Pitch Results

quarta, 25 outubro 2018, 10:12:57



5.2. Drone

Em anexo, envia-se todos os relatórios respeitantes ao processamento de imagens dos voos efectuados para este trabalho.

A validação de todos os voos e modelos digitais de terreno respeitantes às áreas das praias, foi efectuada com a observação de perfis aquando dos voos e posteriormente comparados com os modelos produzidos.

Tabela 11 – Erro Médio Quadrático dos Pontos de Controlo (em metros) e resolução das ortofotos produzidos

Praia	Número de PCs	XY (EMQ)	Z (EMQ)	XYZ (EMQ)	Resolução
Albarquel	34	0.03	0.01	0.03	0.02
Alpertuche	20	0.04	0.03	0.05	0.02
Coelhos	11	0.03	0.02	0.04	0.02
Figueirinha	72	0.03	0.02	0.04	0.03
Galapos	38	0.03	0.02	0.03	0.03
Portinho	60	0.02	0.02	0.03	0.02
Tróia Nascente	10	0.07	0.03	0.07	0.07
Tróia Poente	44	0.04	0.04	0.06	0.07

5.3. Laser Scanning 3D (Mobile Mapping)

Cada vez que este equipamento inicia um levantamento, necessita de executar um procedimento de inicialização e de auto-calibração.

Neste procedimento o Leica backpack Pegasus inicialmente tem que estar estático durante cerca de 10 minutos para receber as leituras do seu posicionamento GNSS até adquirir a qualidade 3D exigida para poder começar a operar e capturar dados. Seguidamente, efectua-se um procedimento de calibração do IMU (inertial measurement unit) de modo a poder efectuar compensações nas oscilações nos eixos x, y e z aquando dos movimentos pedonais durante a captura de dados. Este procedimento baseia-se em percursos circulares durante 15 minutos, com inflexões de direcção, de modo a que este equipamento conheça as oscilações da caminhada do operador em causa aquando da captura de dados. Posteriormente efectua-se uma verificação do funcionamento das camaras, sendo a finalidade destas câmaras a obtenção de fotografias com cadência de 5 em 5 segundos. No pós-processamento dos dados irá ser gerada uma nuvem de pontos colorida, em que a atribuição da cor de cada ponto é atribuída pelas fotografias obtidas durante a captura de dados, a posição atribuída pelo posicionamento GNSS e a posição relativa entre pontos atribuída através do sistema Lidar.

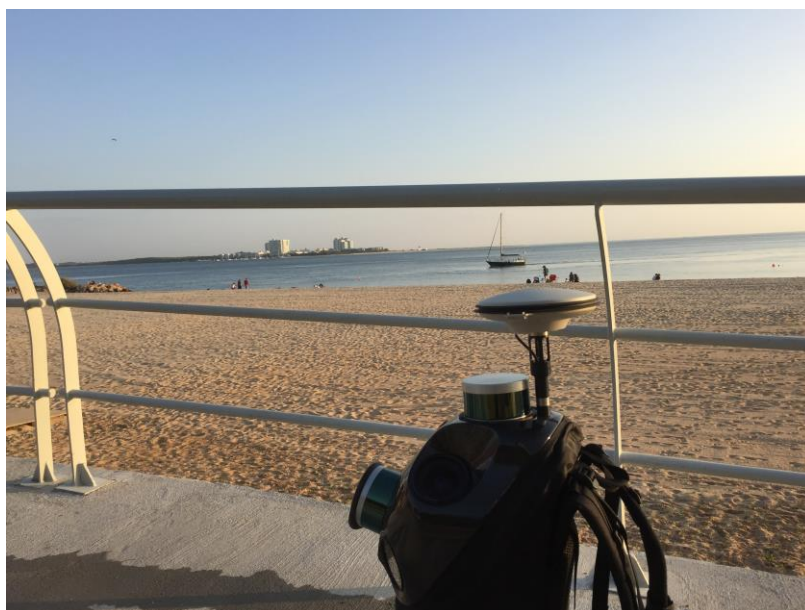


Figura 35: Equipamento em processo de inicialização e auto-calibração na praia da Figueirinha

ANEXOS



TEROMOVIGO



Tróia Poente

Processing Results

13 February 2019



Survey Data

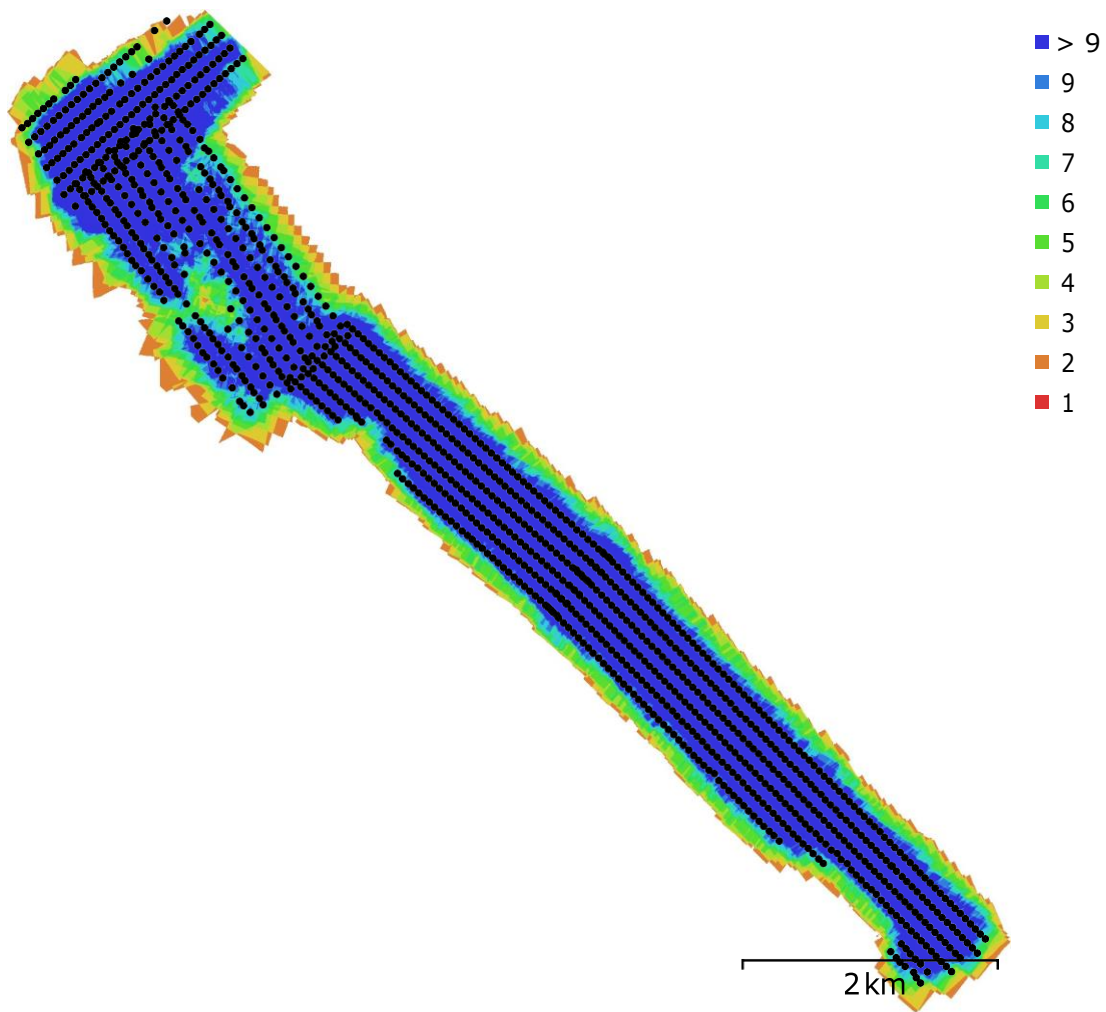


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	1,253	Camera stations:	1,154
Flying altitude:	360 m	Tie points:	621,590
Ground resolution:	7.53 cm/pix	Projections:	3,020,299
Coverage area:	12.1 km ²	Reprojection error:	0.855 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
S.O.D.A. (10.6mm)	5472 x 3648	10.6 mm	2.4 x 2.4 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

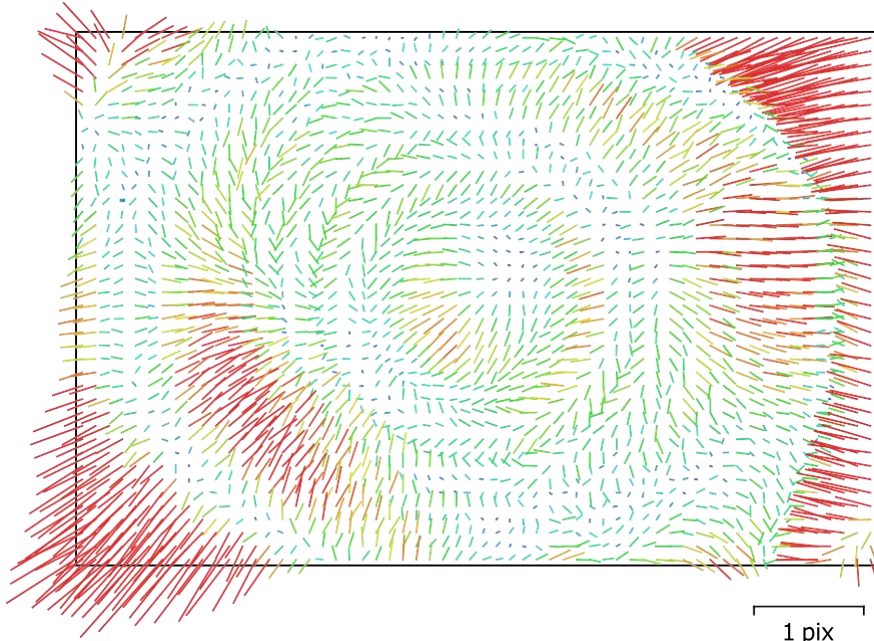


Fig. 2. Image residuals for S.O.D.A. (10.6mm).

S.O.D.A. (10.6mm)

1253 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	5472 x 3648	10.6 mm	2.4 x 2.4 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	4432.79	0.095	1.00	-0.48	-0.72	0.48	-0.58	0.00	-0.06	0.07	-0.05	0.09	-0.04
Cx	19.9469	0.026		1.00	0.37	-0.07	0.53	-0.06	0.08	-0.09	0.08	0.40	0.04
Cy	-44.6663	0.032			1.00	-0.59	0.56	-0.06	0.09	-0.09	0.08	0.02	0.32
B1	1.5898	0.0048				1.00	-0.29	0.05	-0.08	0.07	-0.05	0.06	0.01
B2	-2.15677	0.0054					1.00	-0.05	0.08	-0.09	0.07	-0.03	0.02
K1	0.060712	3.9e-05						1.00	-0.97	0.93	-0.88	0.00	-0.01
K2	-0.389866	0.0003							1.00	-0.99	0.96	-0.02	-0.01
K3	0.785736	0.00092								1.00	-0.99	0.02	0.00
K4	-0.420048	0.00095									1.00	-0.02	0.00
P1	0.00325793	1.1e-06										1.00	0.16
P2	-0.00204741	1e-06											1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

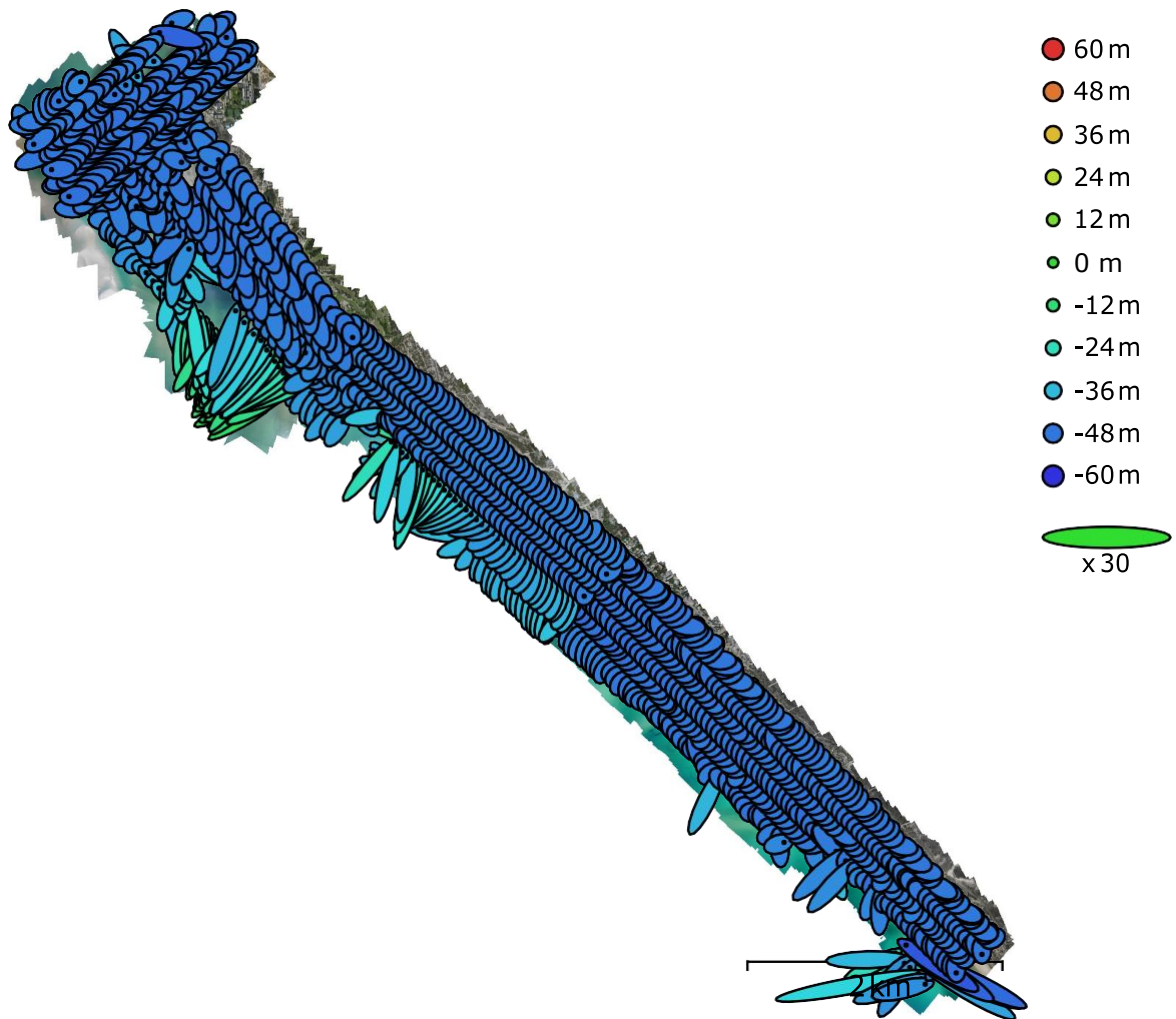


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
3.85349	3.68344	45.4707	5.33077	45.7822

Table 3. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

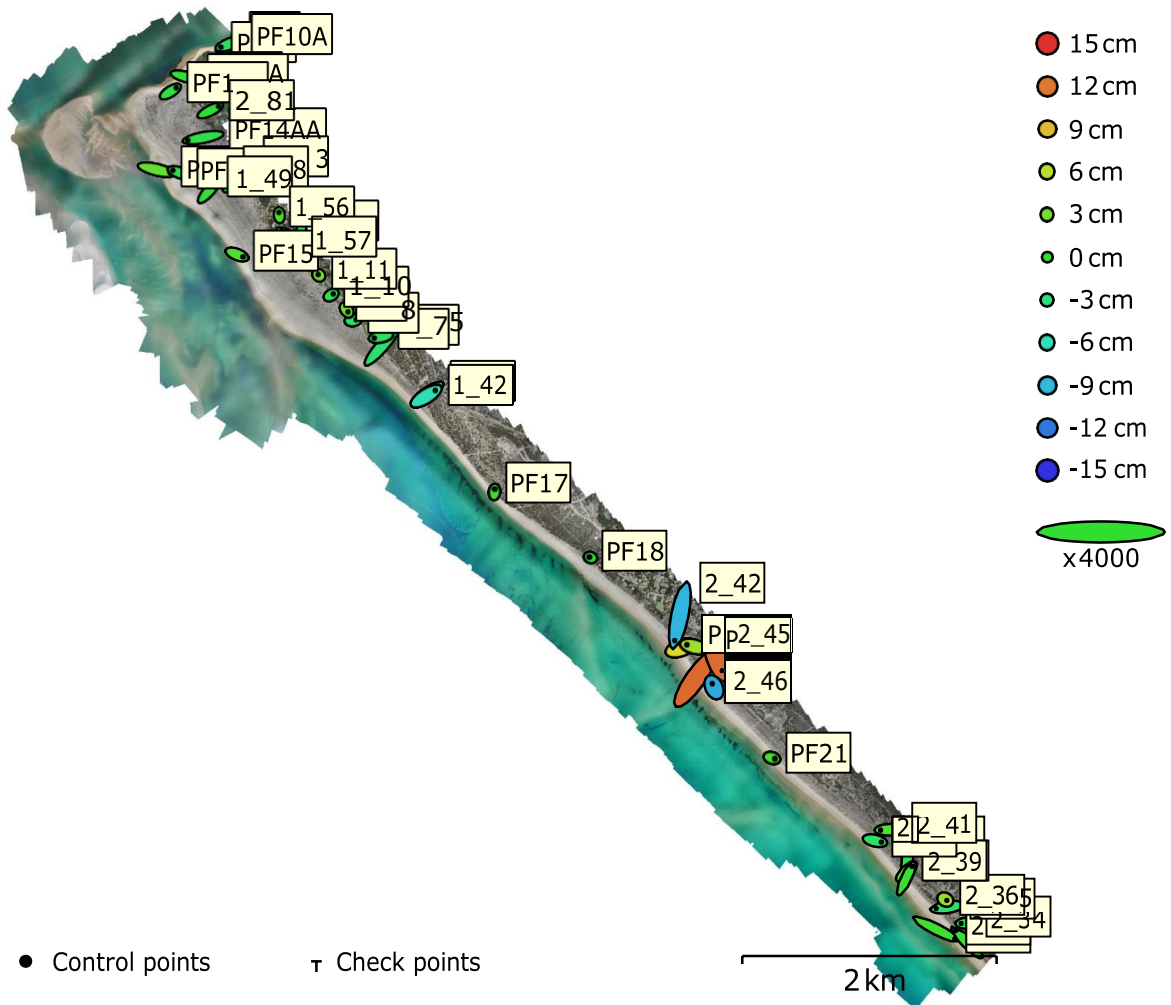


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
44	3.07744	3.15263	4.06519	4.40565	5.99463

Table 4. Control points RMSE.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
PF8	2.84361	-3.36267	-1.44425	4.6346	0.104 (3)
PF10	-0.420639	2.32061	0.314155	2.37926	0.253 (15)
PF10A	-3.62994	-1.34581	-1.89098	4.30853	0.527 (11)
PF11	-3.30533	0.226569	1.57004	3.66627	0.299 (20)
PF11A	4.03493	-1.07944	0.242374	4.18385	0.431 (17)
PF12A	2.27681	1.43258	-0.64356	2.76592	0.360 (19)
PF14	5.26315	-1.25097	2.27984	5.87055	0.424 (13)
PF14A	-2.64828	0.993391	-0.979943	2.99341	0.538 (10)
PF14AA	-5.97742	-1.12644	-1.07068	6.17614	0.617 (13)
PF15	2.24382	-0.92602	1.31429	2.76036	0.452 (12)
PF17	0.0831575	1.08613	0.443713	1.17622	0.289 (14)
PF18	-0.397775	0.151988	-0.266275	0.502223	0.547 (24)
PF20	2.90579	0.983946	7.85533	8.43314	0.418 (12)
PF20A	-2.78124	0.682128	4.78524	5.57666	0.423 (13)
PF21	1.0842	-0.280697	0.858616	1.4112	0.303 (17)
PF22	7.28645	-3.72258	0.473505	8.19598	0.309 (19)
2_33	-4.48735	4.6258	0.483292	6.46281	0.262 (15)
2_34	-2.56734	-0.139983	-1.1032	2.79784	0.256 (14)
2_35	-4.16128	-0.490293	-2.80239	5.04084	0.275 (18)
2_36	0.570494	-0.293393	4.42403	4.4703	0.233 (10)
2_37	-0.671159	-6.27951	-1.04168	6.40061	0.241 (15)
2_38	2.10842	2.0977	1.679	3.41538	0.388 (12)
2_39	2.2813	4.74177	0.338022	5.27285	0.317 (13)
2_40	2.49744	-0.585398	-2.19138	3.37373	0.269 (14)
2_41	-3.81748	-0.100527	1.41796	4.07356	0.284 (11)
2_42	-2.01374	-10.0133	-9.29388	13.8093	0.325 (4)
2_44	5.53508	7.84305	12.5915	15.8334	0.350 (11)
2_45	2.10718	-6.35345	12.5022	14.1814	0.422 (13)
2_46	-0.677537	1.38946	-9.81905	9.93999	0.352 (17)
2_81	3.23289	1.61783	-0.103437	3.61658	0.364 (11)
1_5	5.1701	5.98718	-2.76922	8.38122	0.371 (3)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
1_7	-2.58418	-0.515669	-1.85647	3.22341	0.342 (12)
1_8	1.07959	0.171354	-2.61856	2.83756	0.295 (12)
1_9	0.558495	-0.776806	2.56998	2.74229	0.324 (9)
1_10	0.831709	0.484223	-1.50602	1.78726	0.222 (5)
1_11	-0.253247	0.239172	2.70043	2.72281	0.137 (4)
1_13	-0.45618	-5.20734	-2.17046	5.65998	0.306 (5)
1_39	-3.75341	-2.43148	1.68585	4.77936	0.418 (16)
1_42	3.53811	2.18991	-5.73322	7.08405	0.276 (8)
1_43	2.47584	0.93556	0.228154	2.65653	0.259 (2)
1_48	1.02202	2.64144	-2.93738	4.08044	0.347 (3)
1_49	2.84837	3.2695	-0.588733	4.37601	0.413 (10)
1_56	-0.121078	1.03696	1.18167	1.5768	0.087 (3)
1_57	-3.70247	2.17057	-1.10904	4.43279	0.290 (5)
Total	3.07744	3.15263	4.06519	5.99463	0.367

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

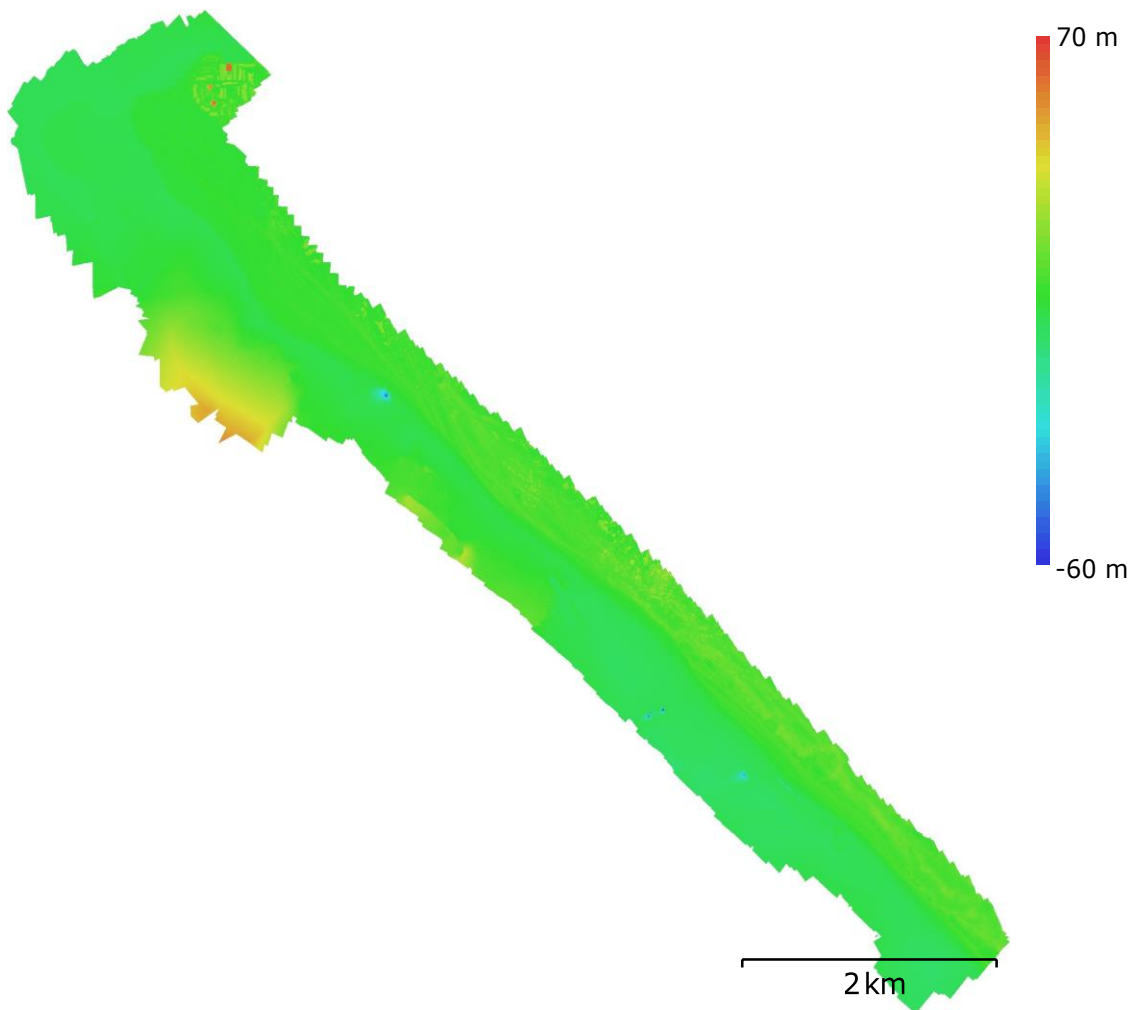


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 7.53 cm/pix
Point density: 176 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	1253
Aligned cameras	1154
Markers	44
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	621,590 of 723,716
RMS reprojection error	0.208258 (0.854788 pix)
Max reprojection error	2.22077 (39.6818 pix)
Mean keypoint size	3.71905 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	5.17277

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	37 minutes 18 seconds
Alignment time	6 minutes 7 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	Yes
Optimization time	28 seconds

Dense Point Cloud

Points	1,602,078,619
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	6 hours 28 minutes
Dense cloud generation time	14 hours 26 minutes

DEM

Size	145,197 x 141,454
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	37 minutes 46 seconds

Orthomosaic

Size	104,660 x 104,509
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	37 minutes 48 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Tróia Nascente

Processing Results

13 February 2019



Survey Data

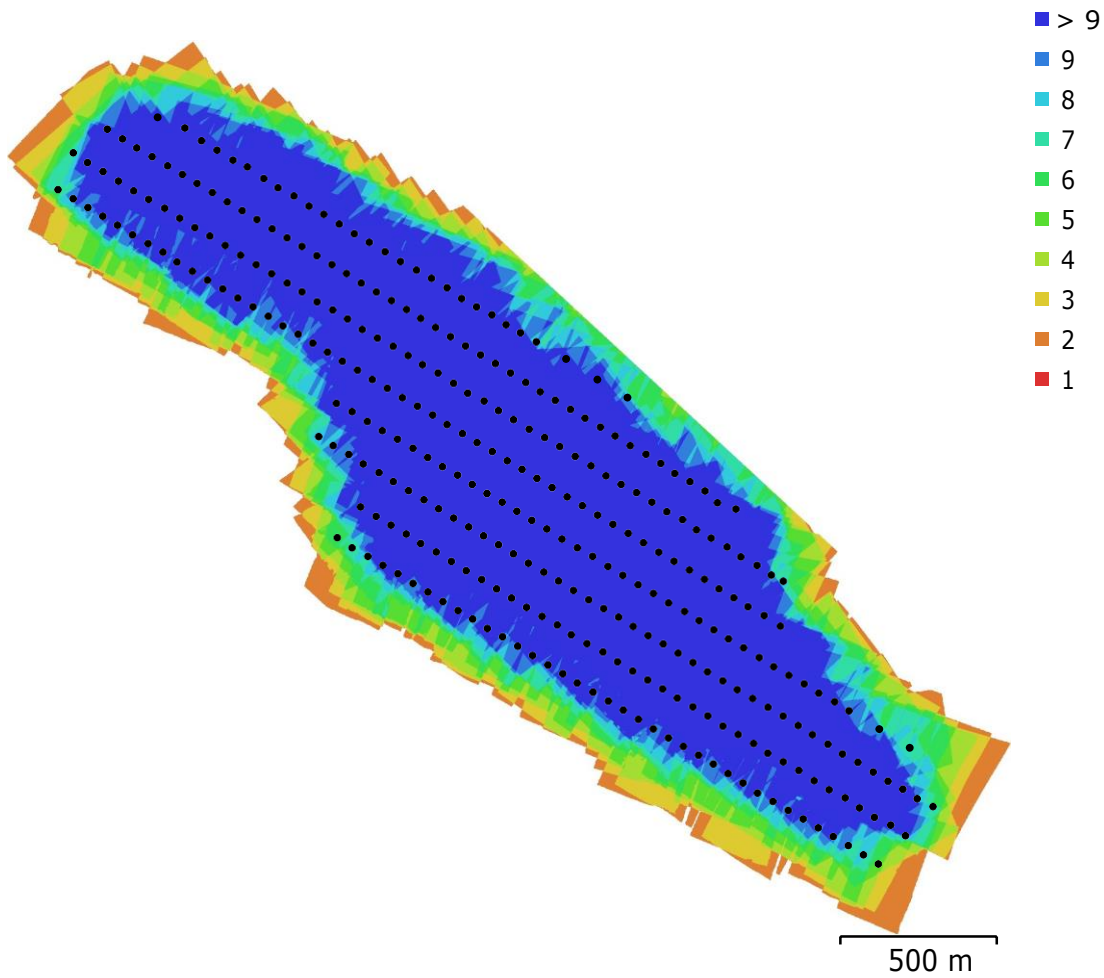


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	347	Camera stations:	321
Flying altitude:	358 m	Tie points:	251,891
Ground resolution:	7.57 cm/pix	Projections:	988,221
Coverage area:	3.37 km ²	Reprojection error:	0.77 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
S.O.D.A. (10.6mm)	5472 x 3648	10.6 mm	2.4 x 2.4 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

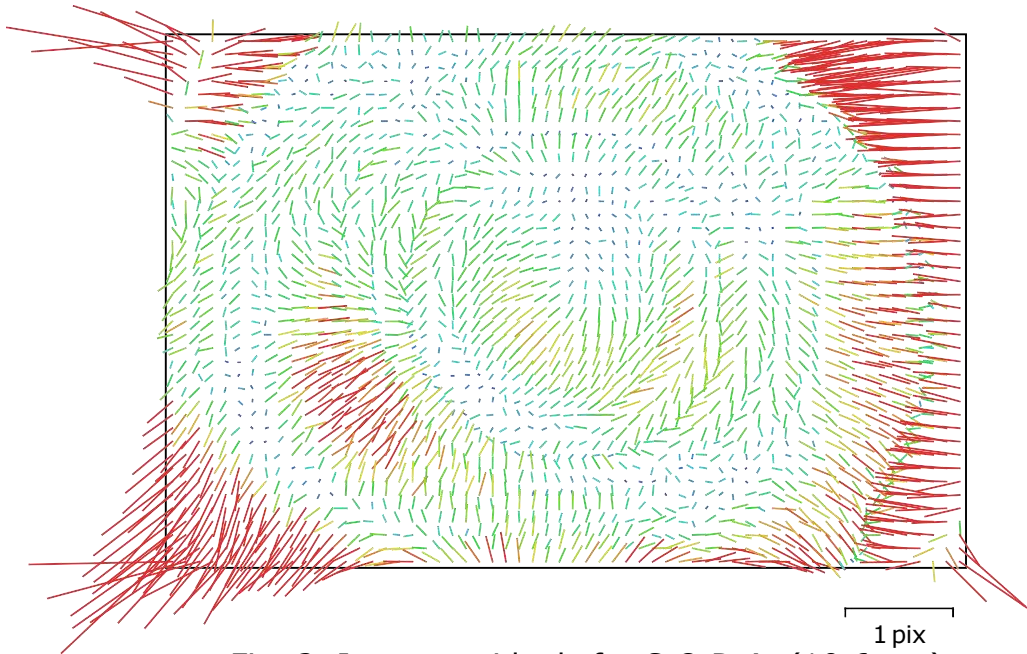


Fig. 2. Image residuals for S.O.D.A. (10.6mm).

S.O.D.A. (10.6mm)

347 images

Type **Frame** Resolution **5472 x 3648** Focal Length **10.6 mm** Pixel Size **2.4 x 2.4 μm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	4421.33	0.22	1.00	-0.31	-0.82	0.06	-0.19	0.33	0.07	-0.07
Cx	28.0352	0.039		1.00	0.29	-0.05	0.09	-0.13	0.53	0.04
Cy	-38.7081	0.063			1.00	-0.07	0.15	-0.26	0.03	0.40
K1	0.0394318	3.4e-05				1.00	-0.95	0.87	-0.01	-0.02
K2	-0.231592	0.00017					1.00	-0.97	-0.02	-0.05
K3	0.33909	0.00025						1.00	0.04	0.03
P1	0.00325981	2.1e-06							1.00	0.13
P2	-0.00195177	2e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

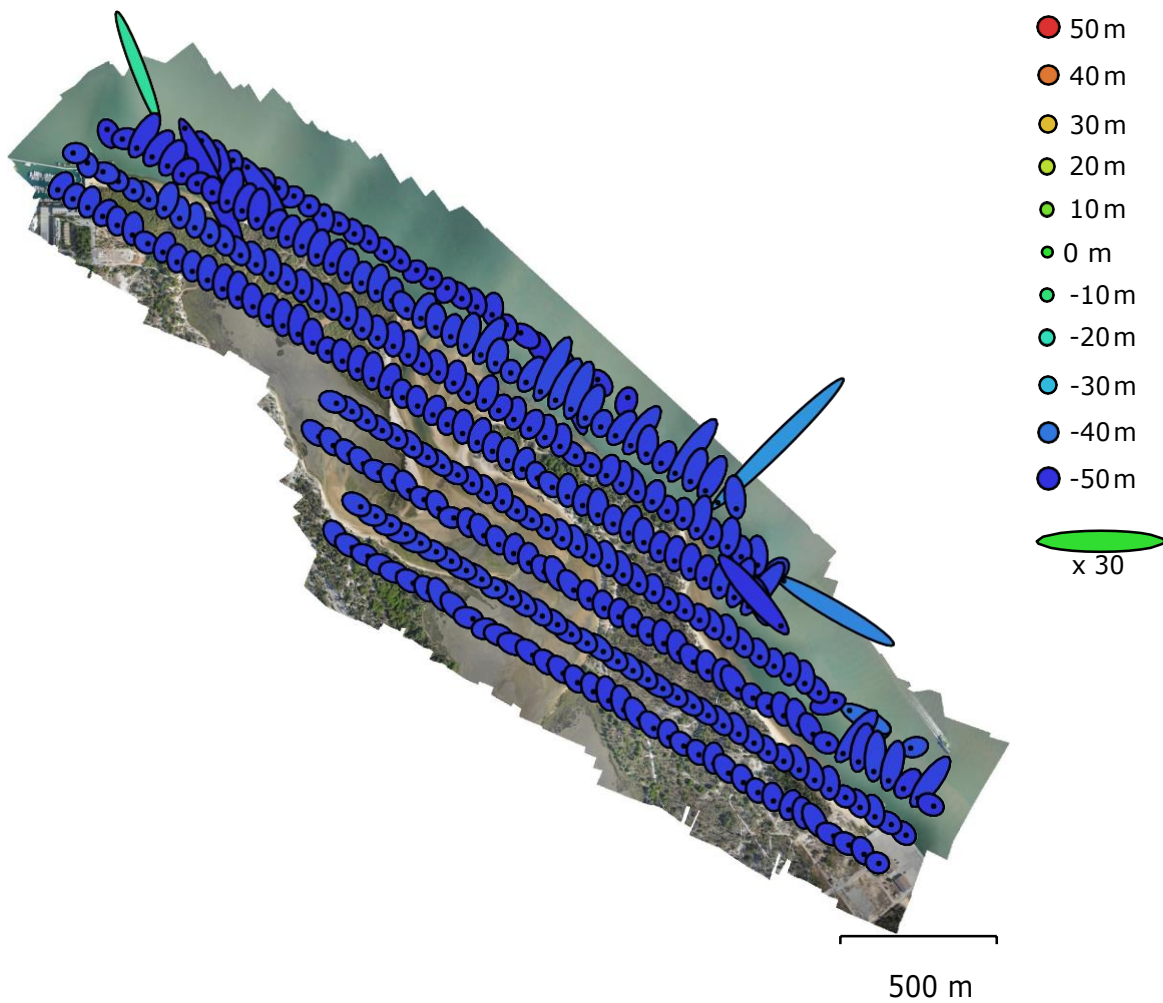


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.30253	1.90798	48.1374	2.31019	48.1928

Table 3. Average camera location error.
 X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

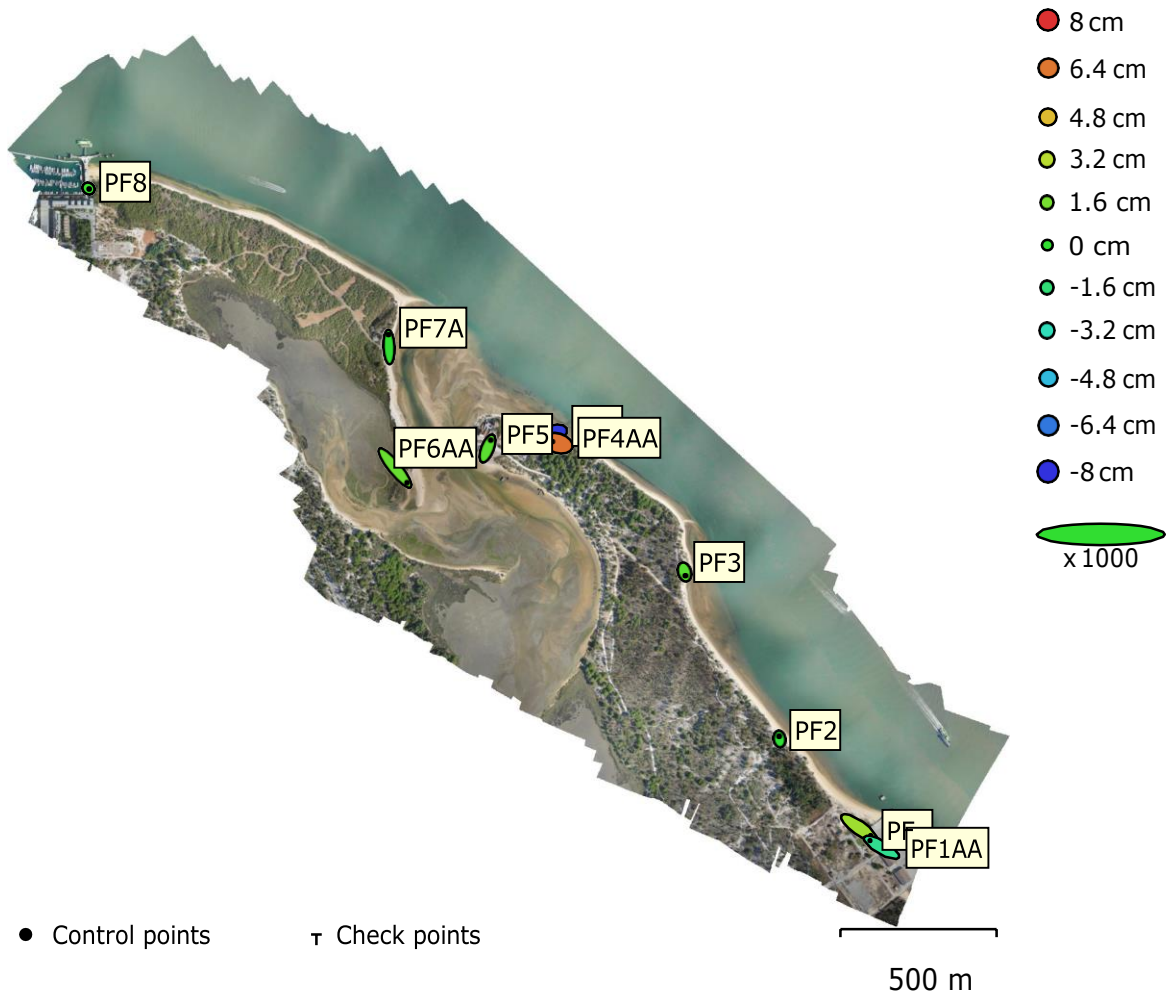


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
10	4.79013	4.90247	3.43117	6.85416	7.66502

Table 4. Control points RMSE.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
PF1	7.48192	-5.27637	2.51549	9.49457	0.359 (8)
PF1AA	-7.43979	4.36599	-2.17482	8.89619	0.330 (8)
PF2	-0.214217	1.6604	-0.133473	1.67947	0.490 (14)
PF3	0.525811	-2.30425	0.882761	2.52296	0.261 (10)
PF4	-6.78675	-3.51068	-7.79334	10.9143	0.649 (14)
PF4AA	-3.32483	1.01246	6.51519	7.38426	0.486 (14)
PF5	1.93556	5.21395	0.95252	5.6426	0.494 (21)
PF6AA	7.52837	-9.11969	1.3075	11.8977	0.474 (17)
PF7A	-0.311465	7.84723	-0.00838351	7.85342	0.353 (15)
PF8	0.408746	-0.30126	0.272086	0.576074	0.546 (9)
Total	4.79013	4.90247	3.43117	7.66502	0.470

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

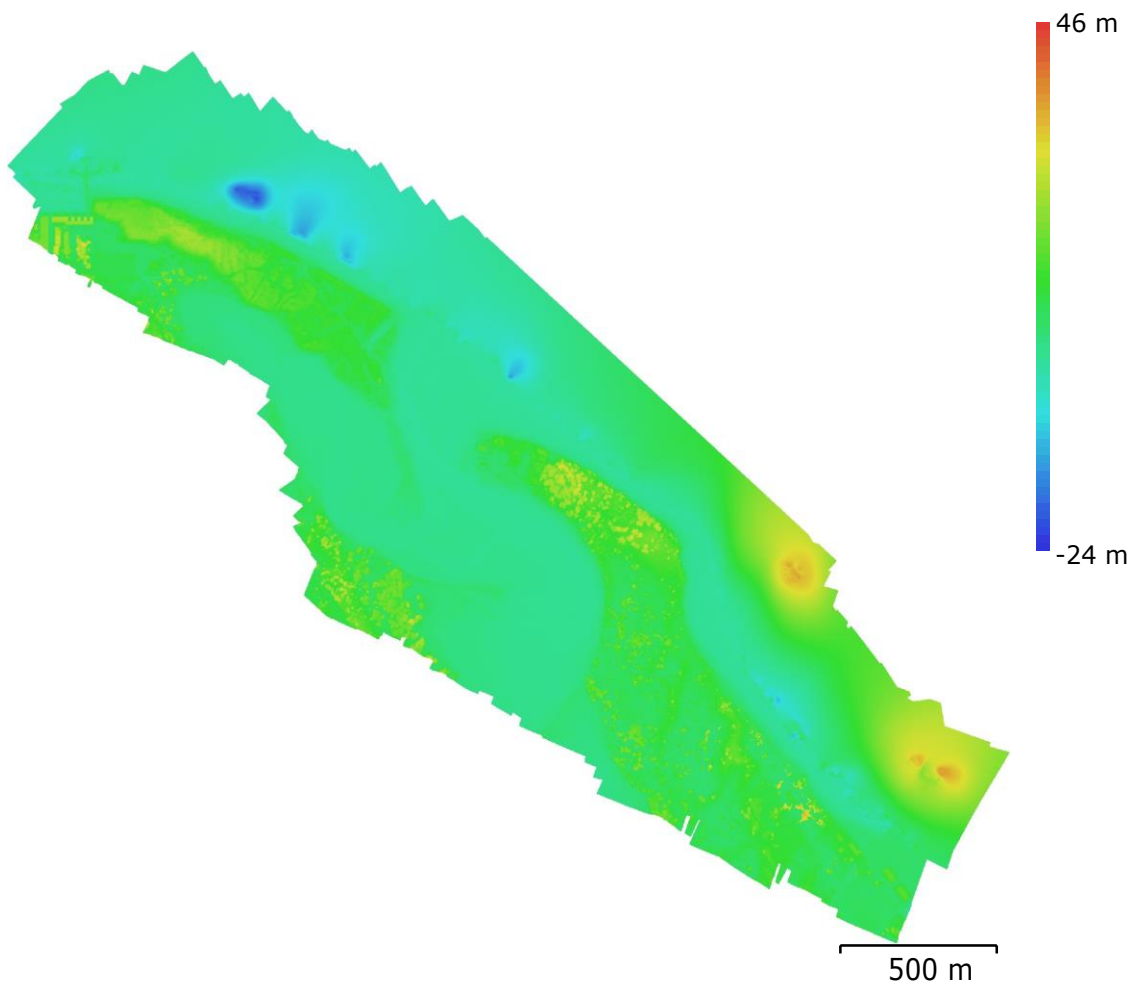


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 7.57 cm/pix
Point density: 174 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	347
Aligned cameras	321
Markers	10
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	251,891 of 279,254
RMS reprojection error	0.217592 (0.770236 pix)
Max reprojection error	1.52337 (30.4852 pix)
Mean keypoint size	3.21152 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	4.18932

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	9 minutes 9 seconds
Alignment time	1 minutes 24 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	5 seconds

Dense Point Cloud

Points	454,249,179
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	1 hours 58 minutes
Dense cloud generation time	3 hours 2 minutes

DEM

Size	52,747 x 50,484
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	9 minutes 56 seconds

Orthomosaic

Size	42,391 x 37,680
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	9 minutes 52 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Portinho

Processing Results

02 January 2019



Survey Data

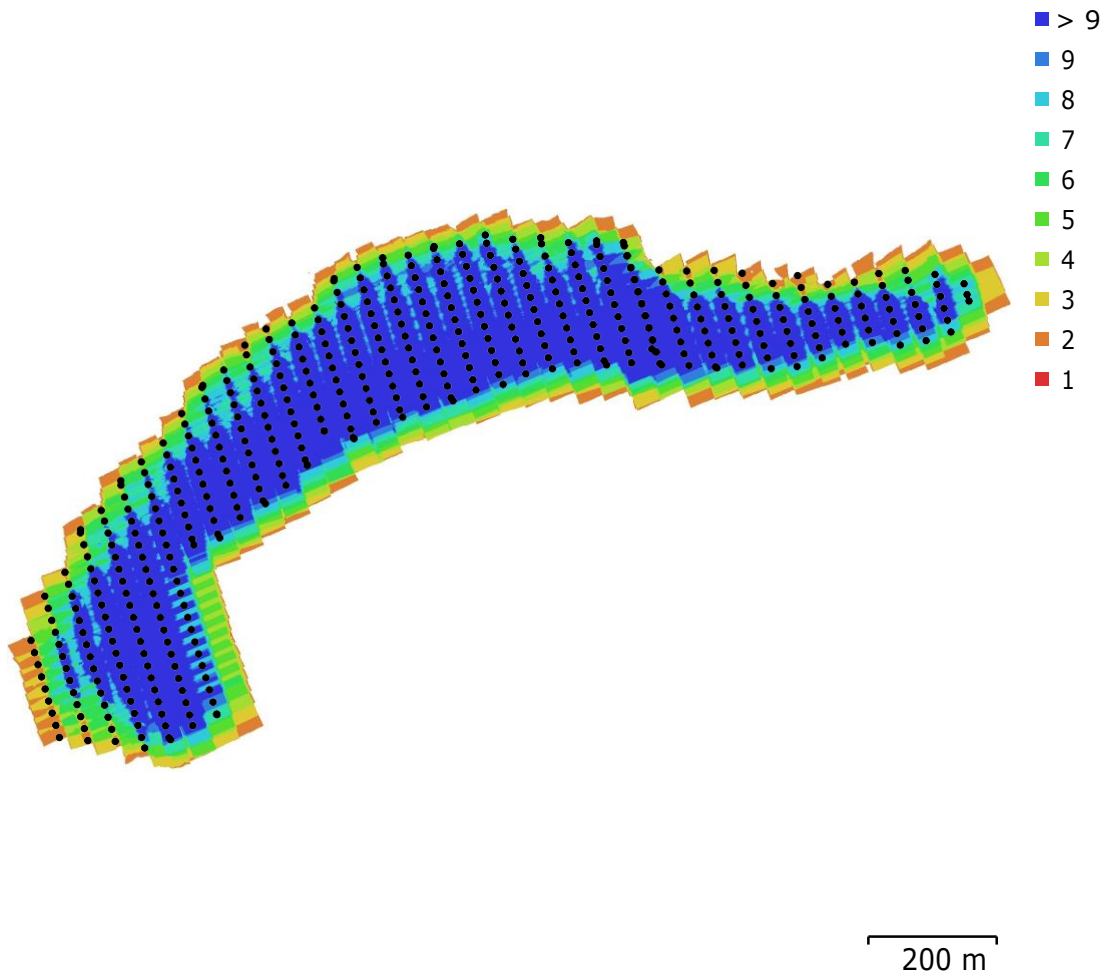


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	526	Camera stations:	477
Flying altitude:	90.8 m	Tie points:	297,432
Ground resolution:	2.24 cm/pix	Projections:	1,128,882
Coverage area:	0.452 km ²	Reprojection error:	0.527 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310S (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

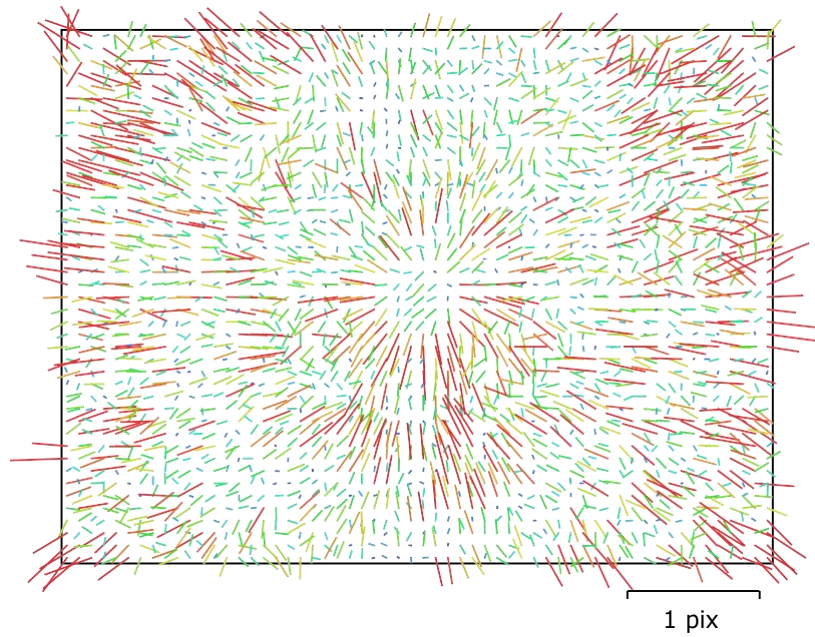


Fig. 2. Image residuals for FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

526 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3625.49	0.43	1.00	0.17	-0.32	0.04	-0.12	0.17	0.04	-0.07
Cx	-0.0421026	0.035		1.00	-0.05	0.00	-0.02	0.02	0.49	-0.05
Cy	-0.283565	0.031			1.00	-0.02	0.04	-0.06	-0.00	0.45
K1	0.0015575	2.2e-05				1.00	-0.97	0.91	0.01	-0.01
K2	-0.0192921	7.4e-05					1.00	-0.98	-0.01	0.02
K3	0.0175834	7.5e-05						1.00	0.01	-0.02
P1	0.000446591	1.8e-06							1.00	-0.03
P2	-0.000949106	1.4e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

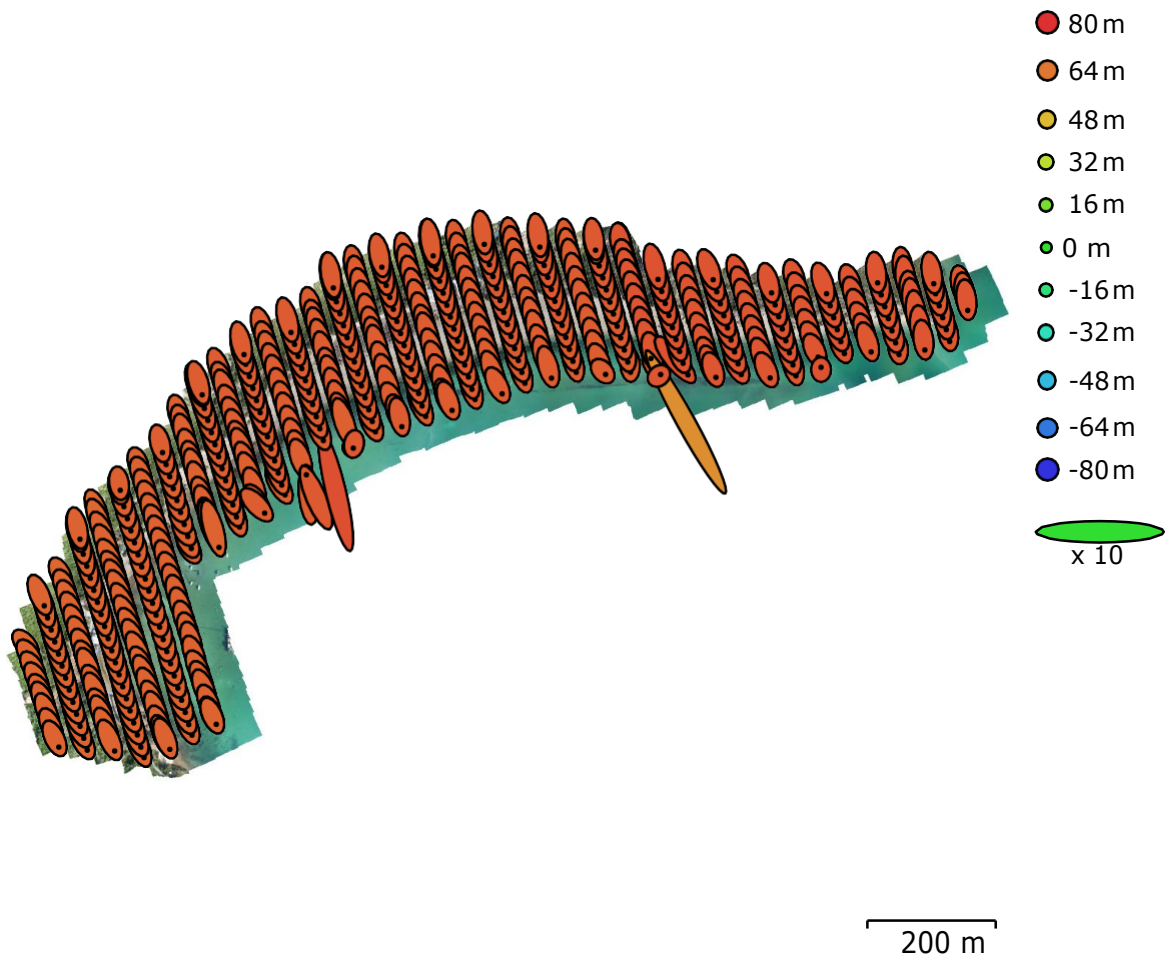


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.21659	3.50745	69.9346	3.71245	70.0331

Table 3. Average camera location error.
 X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

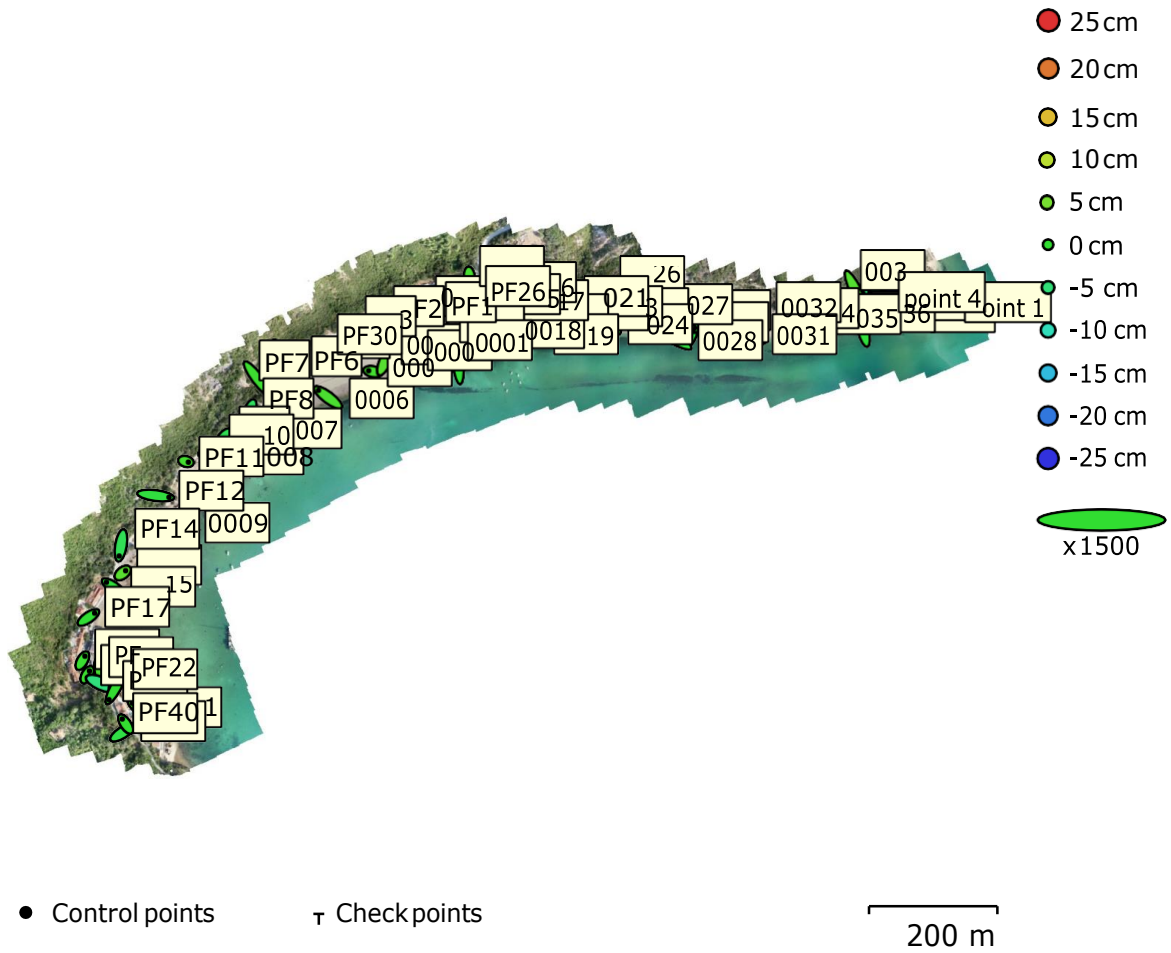


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
60	1.40474	1.65047	1.90366	2.16733	2.88466

Table 4. Control points RMSE.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
2	5.81207	1.40447	17.8233	5.97935	18.7995

Table 5. Check points RMSE.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0040	0.420767	-0.256108	0.302527	0.578065	0.191 (13)
0039	-1.26206	1.85495	-2.0835	3.0618	0.236 (10)
0038	1.7709	-3.61532	2.45217	4.71379	0.295 (12)
0036	-0.593032	2.37356	-0.765508	2.56349	0.196 (13)
0035	-0.0482996	-0.326211	1.27031	1.31242	0.171 (10)
0034	0.357446	-0.75097	-2.48839	2.6237	0.295 (12)
0032	-0.71047	-1.08175	1.95792	2.347	0.231 (12)
0031	-0.999272	0.72951	-0.309872	1.27544	0.137 (13)
0030	0.483429	2.36536	-1.77573	2.99697	0.194 (14)
0029	2.71511	-1.03987	-0.027073	2.90756	0.234 (13)
0028	-3.38058	1.95556	-1.24355	4.09865	0.267 (16)
0027	0.727603	1.76801	3.64376	4.11488	0.237 (12)
0026	0.932659	-2.11793	-0.300026	2.33356	0.239 (16)
0025	1.9558	-0.936633	1.57243	2.67862	0.390 (18)
0024	-0.475317	0.422767	-0.607995	0.879953	0.244 (19)
0023	-1.25158	-1.62584	-0.212404	2.06275	0.263 (13)
0022	0.32543	0.483308	-1.0393	1.19148	0.346 (12)
0021	0.544132	0.378973	-0.497436	0.828941	0.358 (11)
0020	-0.139202	2.01611	2.72815	3.39513	0.300 (14)
0019	-1.08065	0.846921	-1.32684	1.90934	0.214 (13)
0018	-1.417	-0.559786	-0.629504	1.64849	0.262 (15)
0017	-2.11236	-2.33796	-0.12102	3.15322	0.344 (14)
0016	-1.20438	-2.87856	-3.19534	4.46619	0.385 (12)
0015	3.54979	-1.80297	0.705623	4.04347	0.219 (10)
0014	0.103627	-0.229081	2.3472	2.36063	0.443 (10)
0011	-1.44369	1.11748	1.70841	2.50034	0.341 (13)
0010	0.605565	0.473069	2.83042	2.93288	0.257 (13)
0009	-3.16476	0.601991	0.0255988	3.22161	0.363 (12)
0008	0.142501	3.18441	3.32514	4.60623	0.347 (12)
0007	-0.864311	2.5917	1.67326	3.2037	0.258 (13)
0006	-1.96447	1.47501	1.87926	3.09296	0.397 (12)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0005	-0.853845	0.178425	1.33596	1.59552	0.449 (11)
0004	0.866496	2.02985	2.56937	3.38715	0.254 (12)
0003	-0.385346	2.02386	-0.988063	2.2849	0.460 (14)
0002	-0.215565	1.9845	2.68081	3.34237	0.399 (13)
0001	-0.312382	3.38285	-0.441354	3.42579	0.270 (14)
PF1	-1.5216	-0.0752495	-3.6513	3.95638	0.211 (10)
PF2	1.57082	1.46597	0.590088	2.22817	0.279 (7)
PF3	-0.423728	0.200669	1.85366	1.91203	0.562 (5)
PF4	-0.0927399	-0.559992	-1.36679	1.47997	0.390 (13)
PF6	2.51642	-1.92976	-1.79733	3.6451	0.387 (13)
PF7	2.01337	-2.66371	0.852333	3.44608	0.151 (9)
PF8	-0.617521	-1.63627	-3.39825	3.82188	0.229 (10)
PF9	-0.755592	-0.949875	-2.55968	2.83287	0.285 (13)
PF10	-1.66722	-1.15221	0.192006	2.0357	0.391 (5)
PF11	0.511831	-0.140628	1.30485	1.40868	0.275 (10)
PF12	2.77568	-0.3584	-0.995215	2.97041	0.198 (11)
PF14	-0.370351	-2.20859	-2.67428	3.48809	0.289 (8)
PF15	-1.51461	1.06488	-0.59775	1.94559	0.332 (10)
PF17	1.30143	0.89378	-0.218666	1.59386	0.287 (12)
PF18	0.528762	0.925389	0.527222	1.18907	0.276 (11)
PF19	0.470942	0.772645	0.819974	1.22112	0.247 (13)
PF20	0.600772	-2.36108	1.72297	2.984	0.363 (2)
PF21	1.90645	-0.828473	-5.47477	5.85611	0.088 (3)
PF22	-1.3933	-2.54836	0.202337	2.91142	0.193 (9)
PF23	1.56193	0.990706	-1.53812	2.40561	0.256 (10)
PF25	0.107065	-1.09175	1.71735	2.03781	0.247 (10)
PF26	1.3318	-1.56571	-2.24947	3.04717	0.389 (11)
PF30	1.45956	-2.21041	-2.41759	3.58622	0.514 (10)
PF40	-0.703442	1.05278	0.104833	1.2705	0.350 (7)
Total	1.40474	1.65047	1.90366	2.88466	0.305

Table 6. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
point 1	-8.02459	1.84013	-24.7806	26.1124	0.212 (2)
point 4	-1.7794	0.747637	-4.61086	4.99852	0.153 (2)
Total	5.81207	1.40447	17.8233	18.7995	0.185

Table 7. Check points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

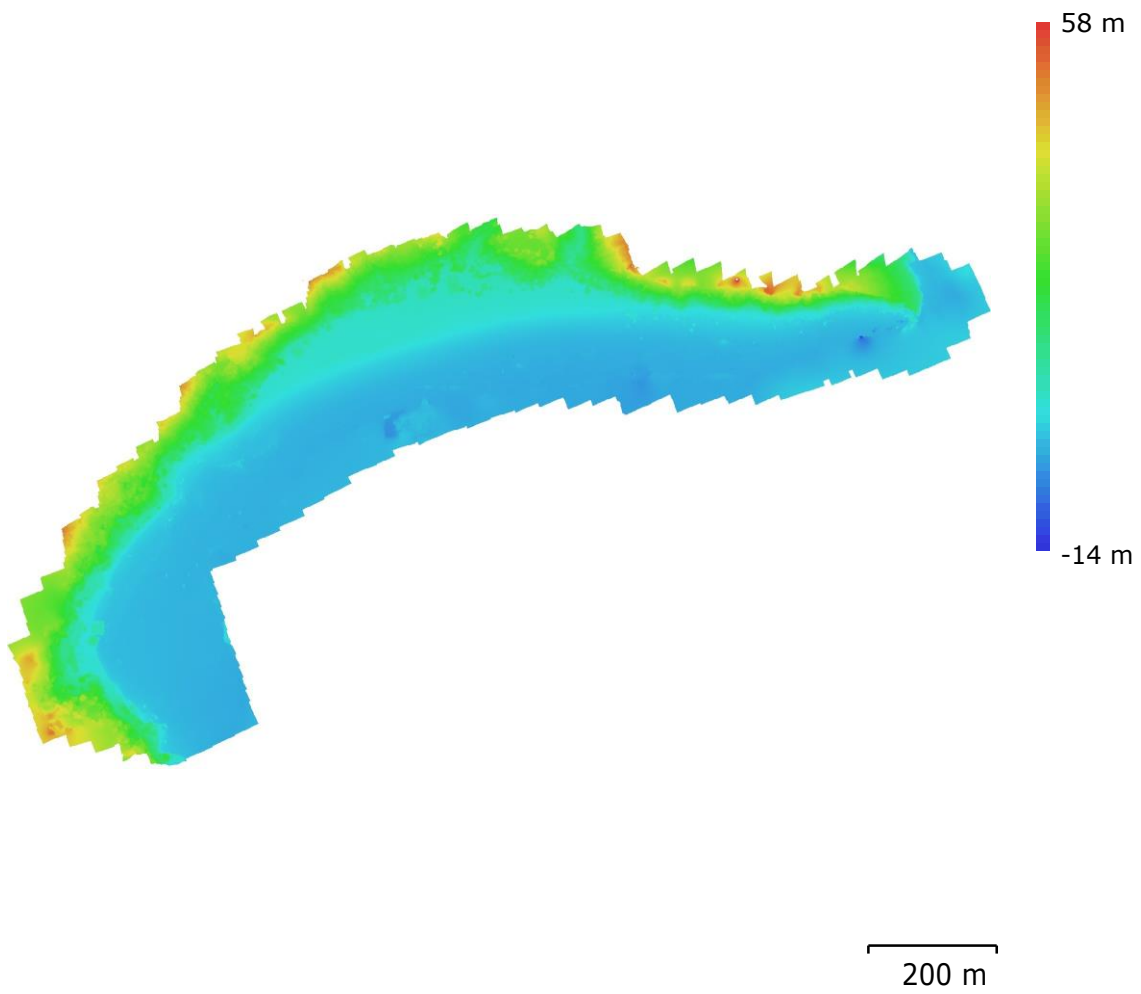


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 2.24 cm/pix
Point density: 19.8 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	526
Aligned cameras	477
Markers	62
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	297,432 of 324,360
RMS reprojection error	0.213766 (0.527083 pix)
Max reprojection error	1.33802 (28.1867 pix)
Mean keypoint size	2.14009 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	3.8684

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	13 minutes 20 seconds
Alignment time	3 minutes 38 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	9 seconds

Dense Point Cloud

Points	793,688,247
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	1 hours 39 minutes
Dense cloud generation time	4 hours 45 minutes

DEM

Size	96,322 x 71,726
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	15 minutes 53 seconds

Orthomosaic

Size	69,626 x 38,768
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	14 minutes 17 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Galapos

Processing Results

02 January 2019



Survey Data

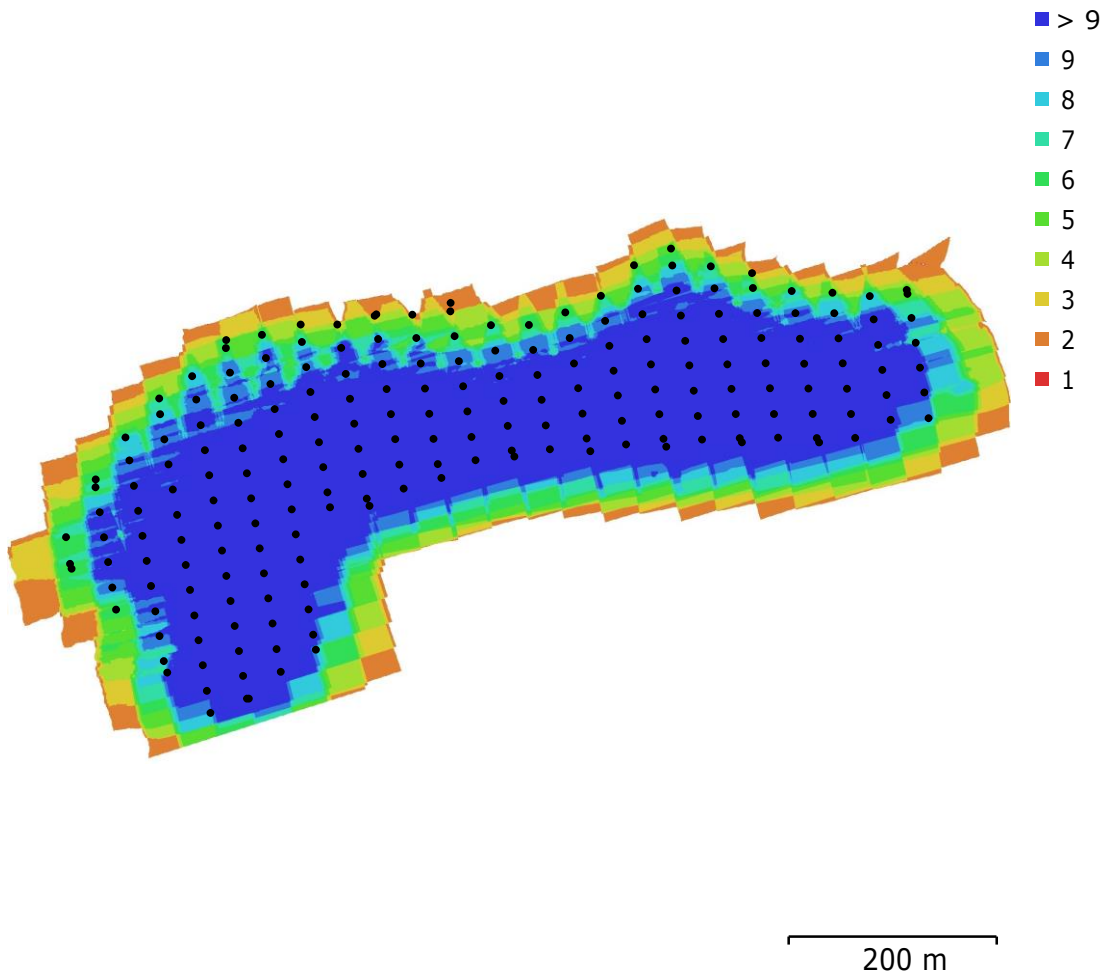


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	220	Camera stations:	212
Flying altitude:	108 m	Tie points:	148,080
Ground resolution:	2.54 cm/pix	Projections:	527,707
Coverage area:	0.251 km ²	Reprojection error:	0.579 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310S (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

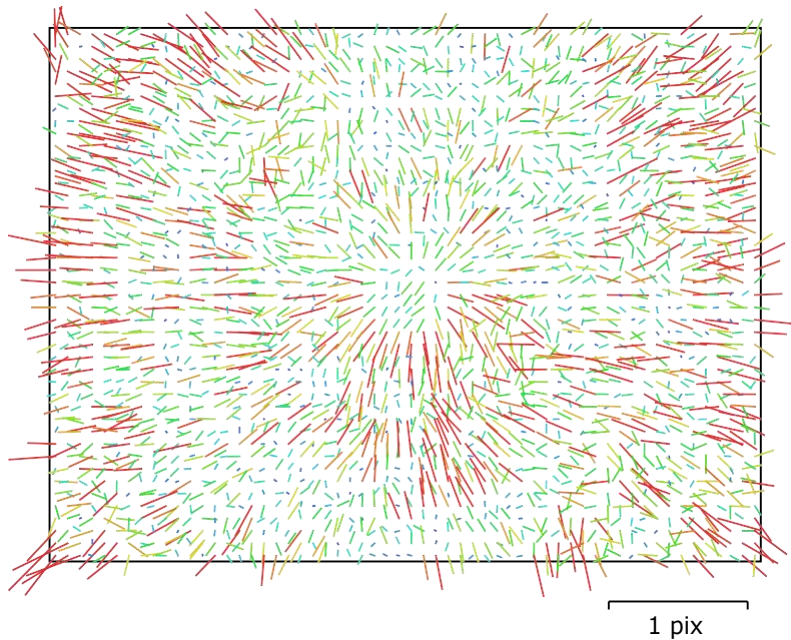


Fig. 2. Image residuals for FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

220 images

Type
Frame

Resolution
4864 x 3648

Focal Length
8.8 mm

Pixel Size
2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3640.45	0.16	1.00	0.04	-0.11	-0.01	0.00	0.01	-0.00	-0.02
Cx	-0.103953	0.035		1.00	0.00	-0.01	0.01	-0.00	0.81	-0.02
Cy	-0.663023	0.023			1.00	-0.02	0.01	-0.01	-0.01	0.61
K1	0.0019972	3.6e-05				1.00	-0.97	0.92	-0.01	-0.01
K2	-0.0213274	0.00012					1.00	-0.98	0.01	0.01
K3	0.0197018	0.00012						1.00	-0.01	-0.01
P1	0.000408767	2.8e-06							1.00	-0.03
P2	-0.000961135	1.8e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

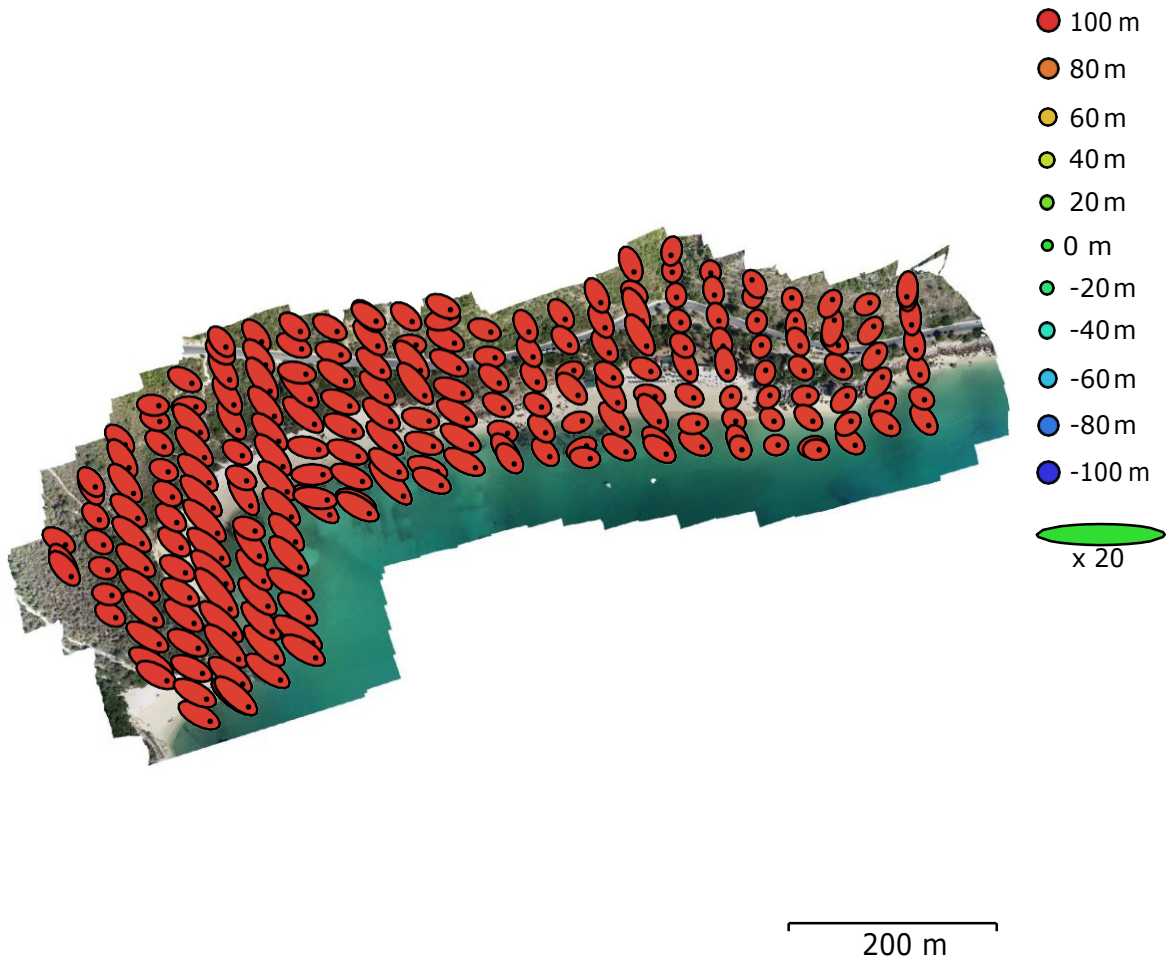


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
0.732697	0.65019	96.6424	0.979588	96.6474

Table 3. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

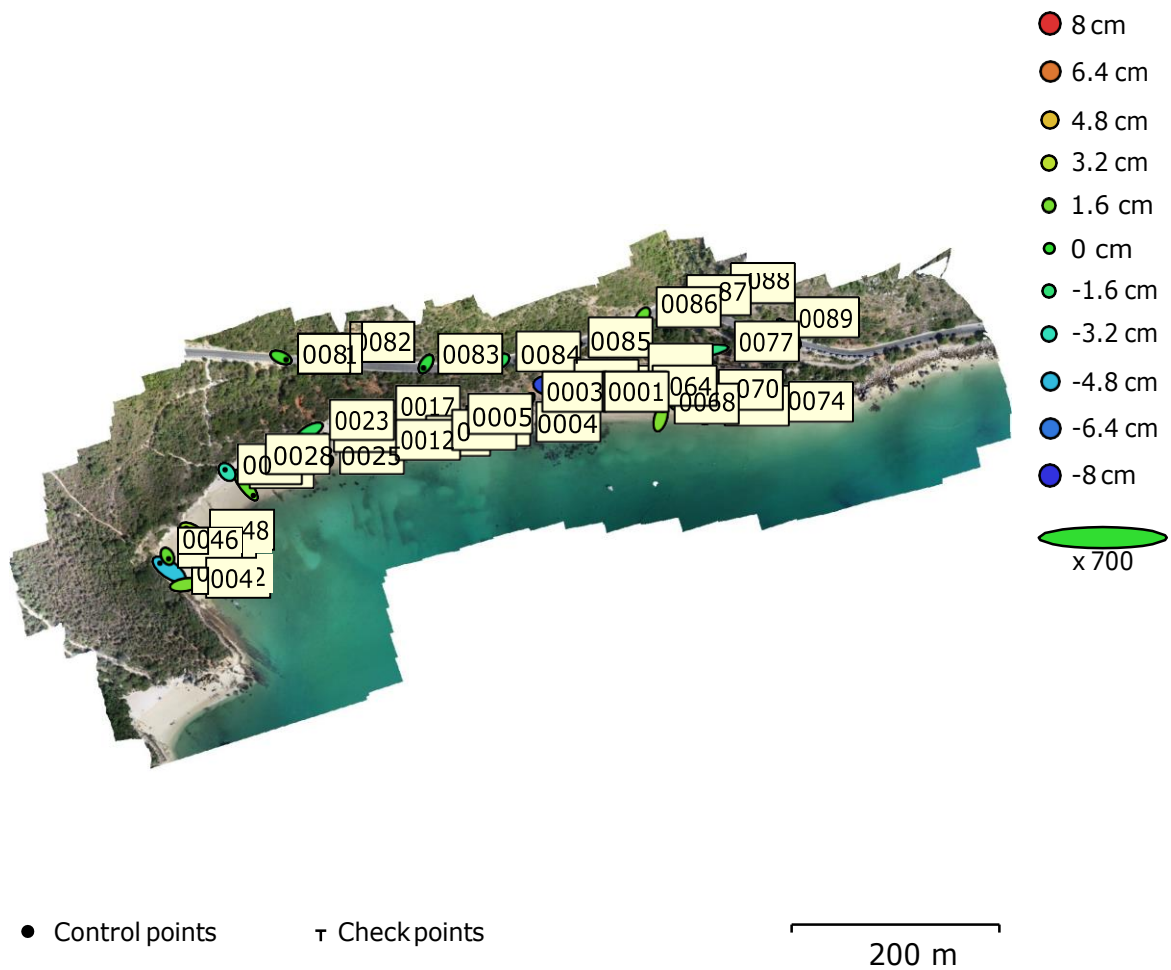


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
38	2.2288	1.63343	2.01144	2.76327	3.41782

Table 4. Control points RMSE.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0089	1.9336	-2.45544	-2.2874	3.87301	0.293 (11)
0088	-0.531712	-3.70941	1.17944	3.92856	0.294 (11)
0087	-0.826988	-1.21618	0.873453	1.71053	0.218 (9)
0086	-0.658974	-1.00678	1.17876	1.68444	0.217 (10)
0085	3.61843	0.805636	-0.477593	3.73767	0.111 (9)
0084	-0.707089	-0.510773	-1.02268	1.34415	0.218 (9)
0083	-0.642395	-1.04319	-0.356806	1.27602	0.186 (10)
0082	-0.408021	-2.14752	-0.0376049	2.18626	0.216 (8)
0081	1.3454	-0.57579	0.510658	1.54997	0.126 (6)
0079	-2.12969	1.56521	1.24588	2.92193	0.510 (14)
0077	-8.42109	-1.33774	-1.85217	8.72552	0.814 (15)
0076	-0.772412	3.11808	-2.38314	3.9998	0.427 (16)
0074	1.81246	1.31141	-0.397393	2.27216	0.242 (18)
0071	1.10001	1.17458	0.284081	1.63413	0.302 (20)
0070	4.01925	1.37313	2.15346	4.76206	0.259 (17)
0068	0.59269	2.04273	1.81961	2.79911	0.320 (18)
0064	0.710364	1.34045	0.304593	1.54732	0.300 (17)
0059	2.19042	-0.274663	-7.42958	7.75061	0.399 (12)
0055	1.54976	0.606534	1.22665	2.06744	0.238 (19)
0048	-1.60855	0.936916	2.51533	3.12924	0.282 (16)
0047	-2.47673	1.72071	-4.57331	5.47815	0.269 (14)
0046	0.353038	-0.723033	1.19189	1.43806	0.265 (17)
0042	2.52339	0.40355	1.65433	3.04421	0.199 (17)
0034	2.14953	-2.82767	1.14874	3.73307	0.193 (16)
0031	-0.529934	0.607147	-2.96664	3.07415	0.205 (10)
0028	-0.426391	-1.53855	1.71784	2.34519	0.254 (14)
0025	-0.233075	-0.349428	-0.281895	0.505854	0.169 (19)
0024	2.58879	2.14705	-0.132214	3.36588	0.345 (12)
0023	-2.13407	-1.18321	-1.05877	2.65993	0.274 (13)
0017	1.73924	3.08055	-0.995372	3.67499	0.262 (12)
0016	-4.75352	2.44636	2.55276	5.92429	0.207 (16)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0012	0.704517	-0.21795	-1.02616	1.26366	0.203 (15)
0007	0.440274	-0.0607129	-0.777634	0.89568	0.240 (18)
0005	0.706561	0.863003	-1.17021	1.6166	0.248 (17)
0004	-0.899723	0.165977	2.72306	2.87265	0.229 (17)
0003	-1.75729	-2.03951	1.17266	2.93646	0.319 (20)
0002	-0.505555	-2.22644	0.84254	2.43362	0.360 (18)
0001	0.567559	-0.0475459	1.39131	1.50337	0.351 (19)
Total	2.2288	1.63343	2.01144	3.41782	0.307

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

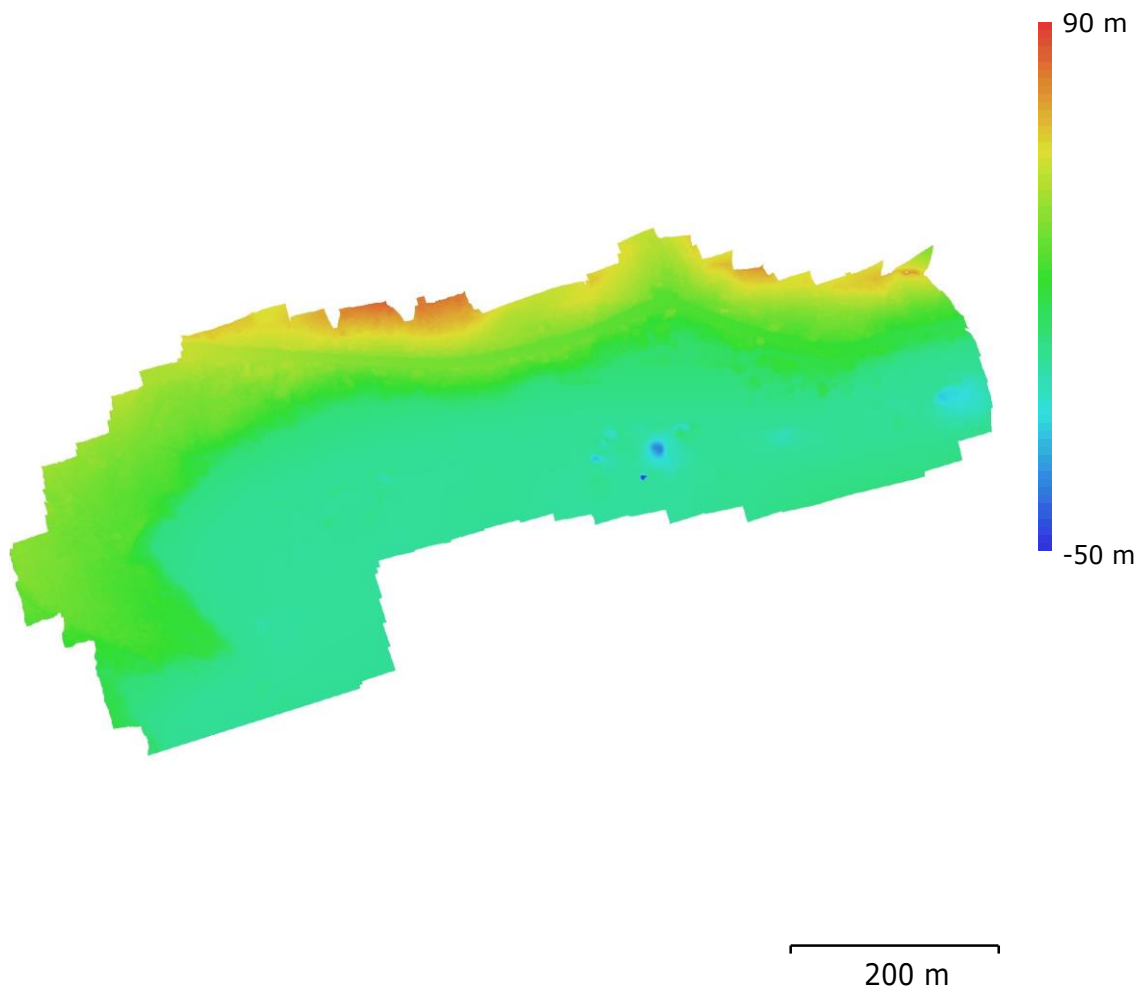


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 2.54 cm/pix
Point density: 15.5 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	220
Aligned cameras	212
Markers	38
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	148,080 of 159,871
RMS reprojection error	0.216076 (0.578759 pix)
Max reprojection error	1.52692 (27.4877 pix)
Mean keypoint size	2.29375 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	3.79772

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	5 minutes 38 seconds
Alignment time	45 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	1 seconds

Dense Point Cloud

Points	354,491,306
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	1 hours 4 minutes
Dense cloud generation time	1 hours 37 minutes

DEM

Size	51,274 x 29,853
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	7 minutes 2 seconds

Orthomosaic

Size	38,015 x 20,399
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	6 minutes 17 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Figueirinha

Processing Results

02 January 2019



Survey Data

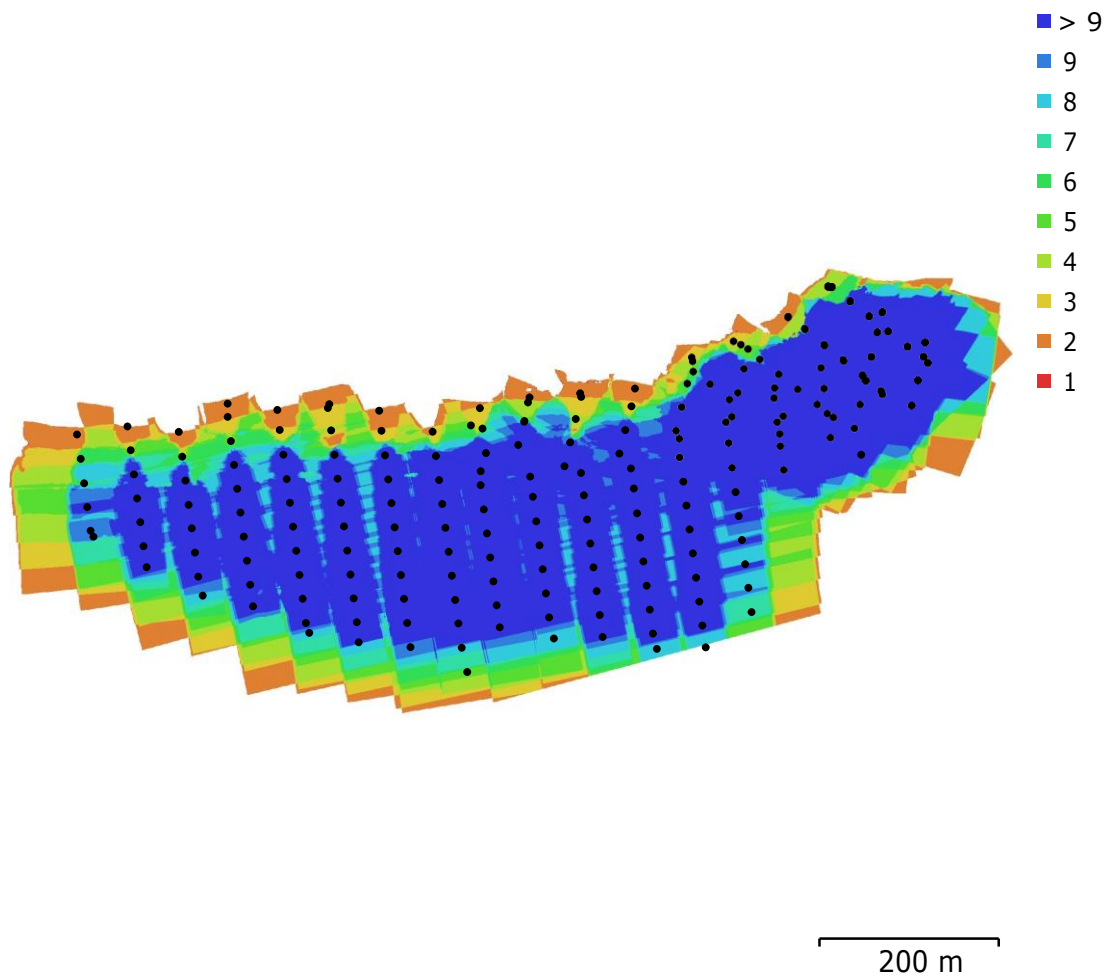


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	237	Camera stations:	221
Flying altitude:	118 m	Tie points:	167,428
Ground resolution:	2.8 cm/pix	Projections:	625,098
Coverage area:	0.314 km ²	Reprojection error:	0.466 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310S (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

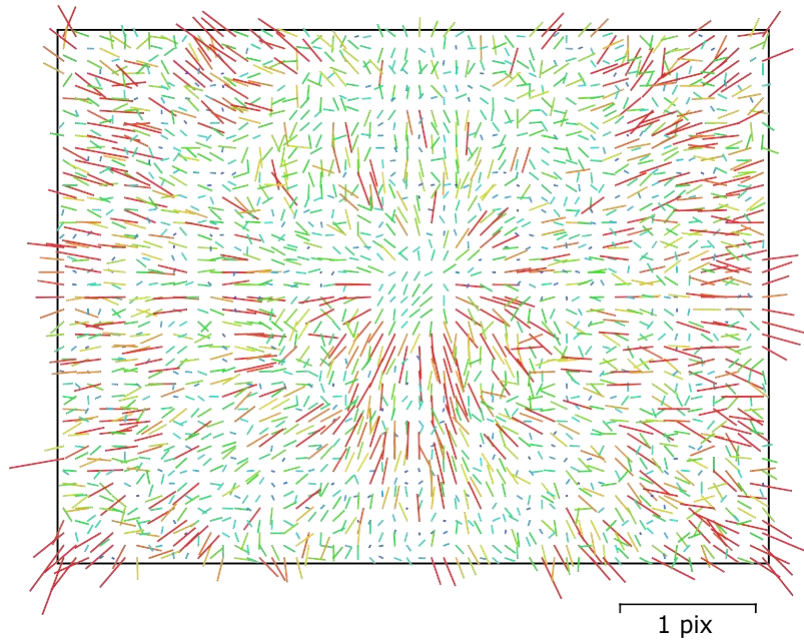


Fig. 2. Image residuals for FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

237 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3639.54	0.33	1.00	0.04	-0.15	0.03	-0.10	0.13	0.02	-0.03
Cx	0.834209	0.035		1.00	0.03	-0.02	0.02	-0.02	0.65	0.03
Cy	0.40995	0.031			1.00	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.51
K1	0.00215989	2.8e-05				1.00	-0.97	0.91	0.01	-0.01
K2	-0.0215043	9.5e-05					1.00	-0.98	-0.02	0.01
K3	0.0198427	9.6e-05						1.00	0.02	-0.01
P1	0.000528568	2.2e-06							1.00	0.01
P2	-0.000918215	1.8e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

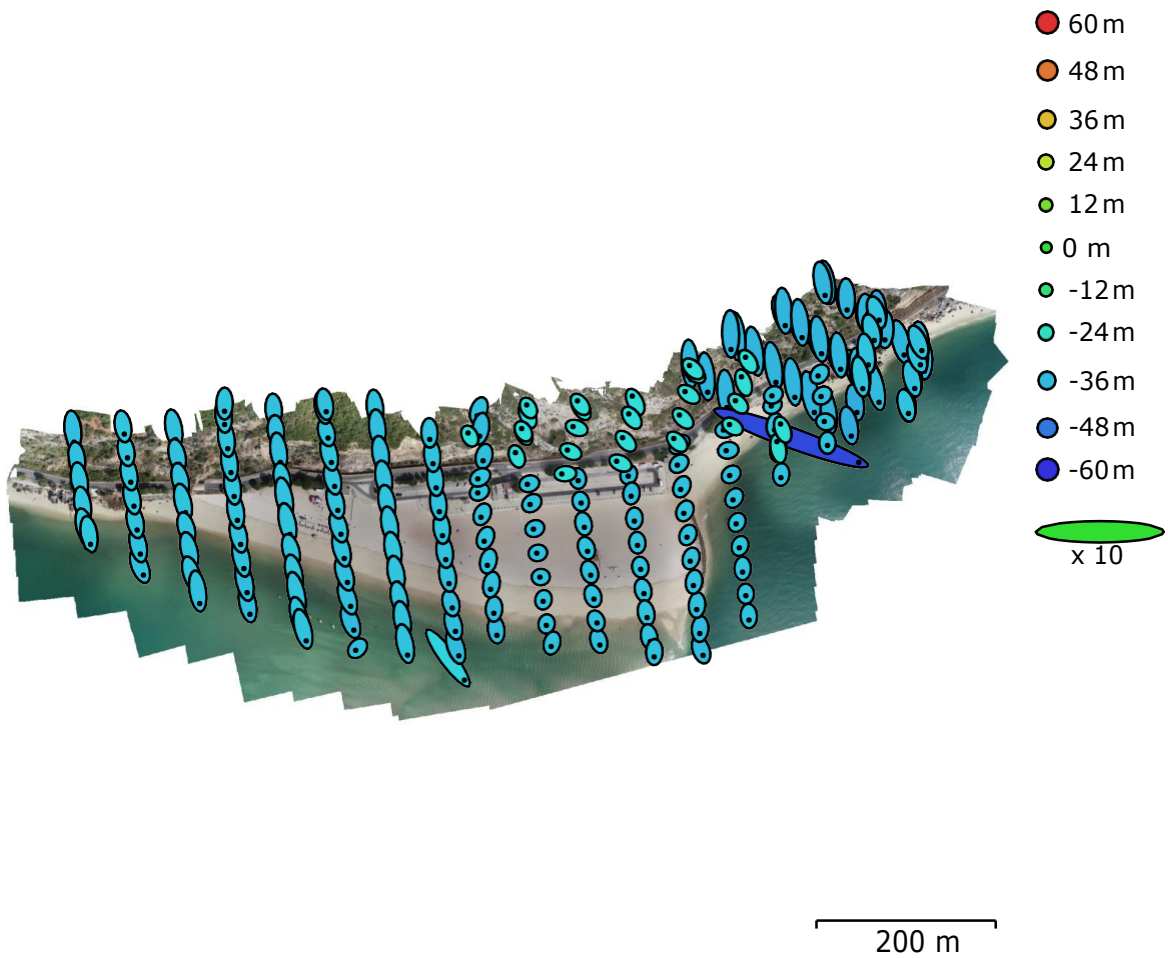


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.13672	1.94762	34.6234	2.25507	34.6967

Table 3. Average camera location error.
 X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0231	3.10682	-2.0505	-2.98323	4.77038	0.388 (12)
0230	1.11291	0.17616	-0.617753	1.285	0.499 (11)
0229	5.15135	-0.88548	1.55526	5.45337	0.564 (12)
0227	4.88441	-1.24218	1.35458	5.21875	0.563 (11)
0226	2.08264	-2.39917	0.289965	3.19022	0.493 (13)
0225	-4.49976	1.37848	3.15385	5.66523	0.495 (13)
0222	1.27135	-0.600359	-2.4138	2.79342	0.333 (8)
0219	1.27964	-0.406684	3.51798	3.76551	0.324 (9)
0217	-0.85391	0.345725	0.311607	0.972516	0.226 (13)
0214	1.30325	-0.332005	-2.24632	2.61813	0.292 (11)
0207	-3.09557	-0.122857	-1.35416	3.38103	0.259 (14)
0194	-1.34012	-3.62089	0.0797021	3.86175	0.611 (27)
0193	2.3878	1.92651	1.19303	3.29186	0.696 (26)
0191	-4.27936	-3.40328	-2.88173	6.18058	0.333 (16)
0188	3.99199	3.58643	1.23791	5.50735	0.374 (12)
0184	-0.748555	-2.50471	0.472008	2.65645	0.223 (15)
0183	1.57617	-0.754084	-0.399051	1.79226	0.271 (9)
0182	-4.13858	-1.15926	0.141831	4.30021	0.470 (14)
0181	-1.29018	1.14025	1.93942	2.59347	0.521 (10)
0180	3.14237	-0.878423	1.26646	3.50001	0.376 (12)
0179	0.546411	-0.140449	-0.744247	0.933914	0.543 (14)
0178	0.493975	0.279722	0.809616	0.988804	0.571 (12)
0177	-1.4728	-0.848105	-0.434072	1.75409	0.267 (13)
0173	-1.77905	-1.82772	3.21839	4.10654	0.263 (13)
0170	-0.0759112	-4.1778	1.52175	4.44696	0.243 (10)
0169	2.27957	-0.832196	1.44548	2.82461	0.259 (8)
0166	1.69792	2.45329	-3.07742	4.28627	0.381 (11)
0161	0.0275646	0.767965	1.63284	1.80463	0.372 (12)
0152	2.5448	-1.11976	3.14429	4.19719	0.395 (9)
0140	-0.676717	-6.87159	-1.37895	7.04118	0.422 (12)
0131	0.118003	1.15817	-0.286271	1.19885	0.311 (14)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0127	-0.0130241	2.43306	-3.9817	4.66625	0.242 (10)
0125	-0.328759	-0.565094	1.36993	1.51794	0.347 (13)
0118	0.464029	-2.91336	-1.2312	3.19669	0.278 (13)
0116	0.0413282	1.107	0.8747	1.41148	0.272 (13)
0111	-1.09181	-5.17856	0.516211	5.31751	0.232 (12)
0109	2.11505	3.47203	0.494948	4.09553	0.337 (11)
0105	-2.26039	-2.56921	-1.30642	3.66292	0.232 (12)
0103	-1.11298	3.20536	-0.759654	3.47708	0.354 (11)
0096	2.86637	2.57005	1.7759	4.2397	0.231 (10)
0094	-2.33611	1.75984	-0.380478	2.94945	0.329 (11)
0090	1.44856	1.78439	0.900618	2.4685	0.344 (13)
0088	-2.78689	-1.45271	0.0793604	3.14379	0.212 (14)
0084	-0.248881	4.05072	-1.77949	4.43135	0.297 (13)
0082	-2.30759	-2.02266	0.0981992	3.07014	0.293 (12)
0078	-0.213016	0.0228488	1.17685	1.19619	0.300 (12)
0077	-2.20721	-2.16842	0.202552	3.10078	0.252 (12)
0072	-0.711243	-1.49672	-1.00366	1.93736	0.292 (13)
0071	0.260487	3.69336	1.91849	4.17006	0.391 (12)
0067	-2.69775	6.46997	-0.264212	7.01485	0.288 (12)
0066	-1.22806	-3.86472	0.190386	4.05961	0.310 (12)
0062	-0.233728	-1.00915	-0.997106	1.43778	0.246 (12)
0060	-2.57141	2.72128	-0.159648	3.7474	0.325 (13)
0057	-0.521691	5.59947	-0.242994	5.62896	0.252 (12)
0055	-2.17644	-1.09191	-3.22249	4.039	0.272 (13)
0051	-0.960186	-0.453781	0.0381317	1.0627	0.176 (13)
0049	-1.75716	2.67779	2.28639	3.9352	0.271 (12)
0047	1.40028	3.40388	-0.501852	3.71471	0.271 (12)
0044	2.66756	-0.440406	0.381123	2.7304	0.241 (12)
0041	1.99768	-1.45492	-2.11669	3.25391	0.326 (11)
0039	-0.266279	-0.970066	-0.785547	1.27633	0.264 (11)
0036	-4.06545	2.41281	-1.24232	4.88804	0.383 (12)
0031	-2.85876	-1.93561	-0.390072	3.47437	0.305 (31)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0027	2.47533	4.51563	0.718778	5.1995	0.266 (32)
0025	1.77229	-1.81171	0.502082	2.58368	0.217 (25)
0023	-1.38114	2.3315	-0.474182	2.75105	0.331 (19)
0017	-0.52869	1.8526	0.0930588	1.9288	0.262 (22)
0016	0.997259	-0.0394477	0.394834	1.0733	0.223 (22)
0009	1.85787	-0.258131	0.419401	1.92203	0.283 (20)
0007	2.04685	0.0638135	-0.0465957	2.04837	0.284 (22)
0004	1.14734	-2.72744	-1.89226	3.51226	0.237 (15)
0003	-1.27195	1.78504	-0.59407	2.27093	0.281 (12)
Total	2.13305	2.48833	1.54299	3.6225	0.354

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

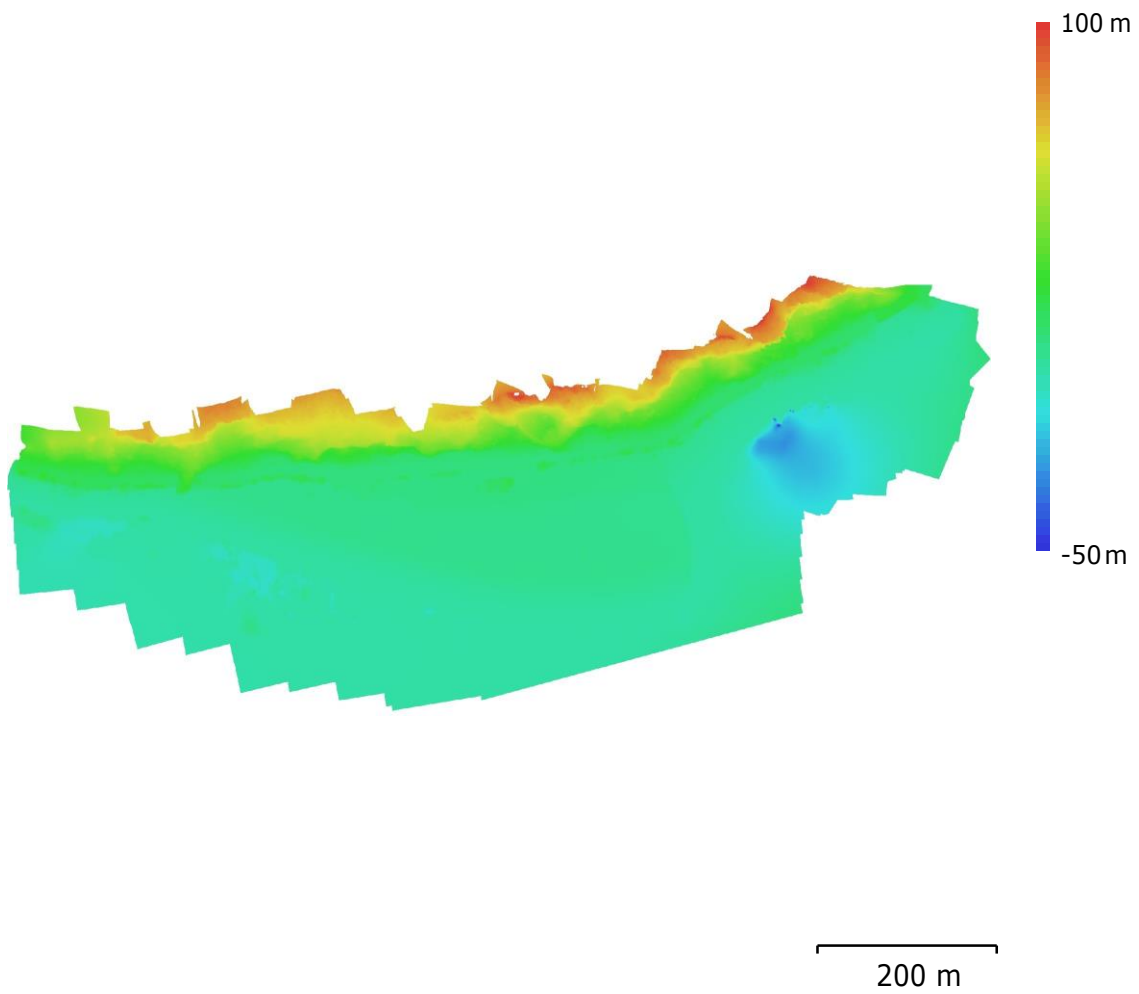


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 2.8 cm/pix
Point density: 12.8 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	237
Aligned cameras	221
Markers	72
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	167,428 of 183,278
RMS reprojection error	0.234129 (0.465902 pix)
Max reprojection error	1.30599 (21.7795 pix)
Mean keypoint size	1.82794 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	3.91234

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	6 minutes 58 seconds
Alignment time	1 minutes 31 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	6 seconds

Dense Point Cloud

Points	315,041,083
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	1 hours 8 minutes
Dense cloud generation time	2 hours 50 minutes

DEM

Size	47,710 x 27,730
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	7 minutes 6 seconds

Orthomosaic

Size	39,954 x 17,684
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	6 minutes 12 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Coelhos

Processing Results

02 January 2019



Survey Data

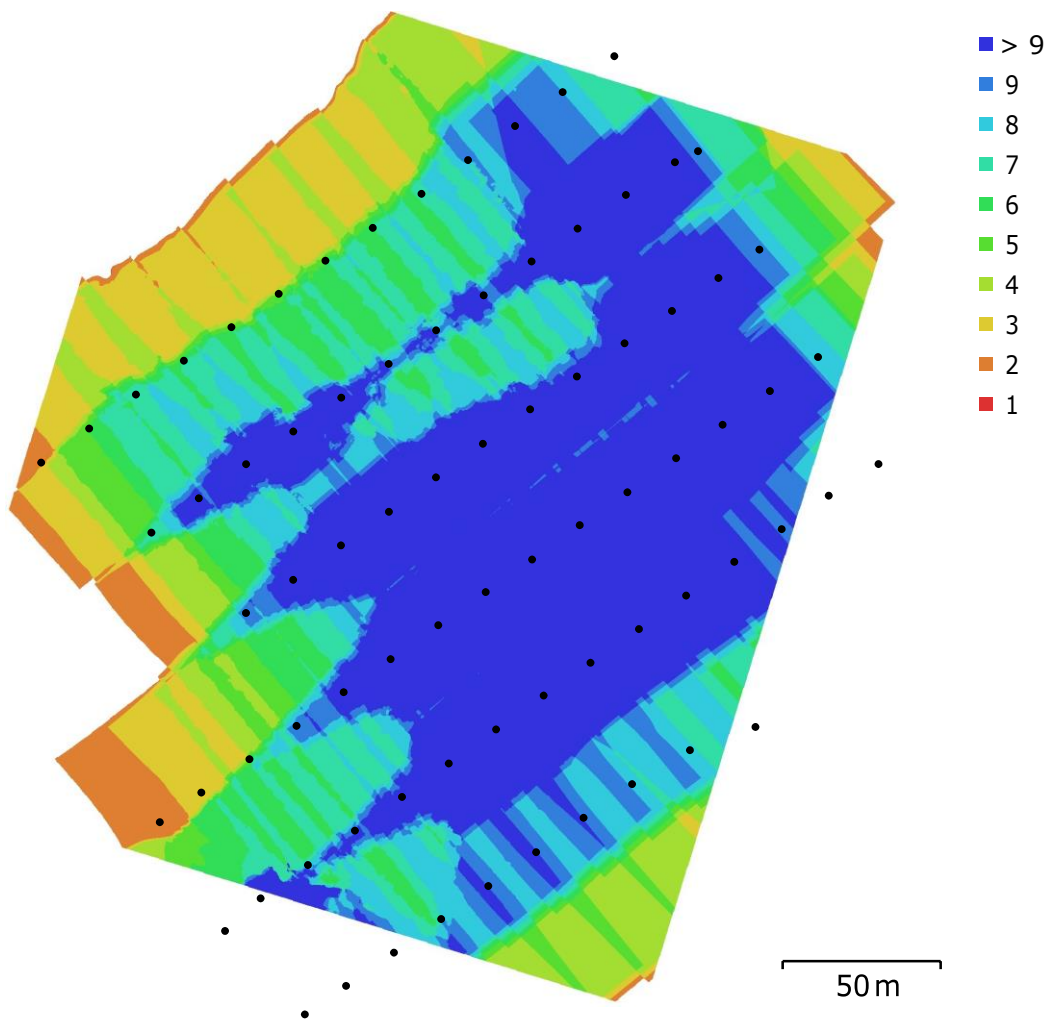


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	91	Camera stations:	78
Flying altitude:	87.3 m	Tie points:	51,702
Ground resolution:	2.01 cm/pix	Projections:	156,107
Coverage area:	0.0575 km ²	Reprojection error:	0.455 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310S (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

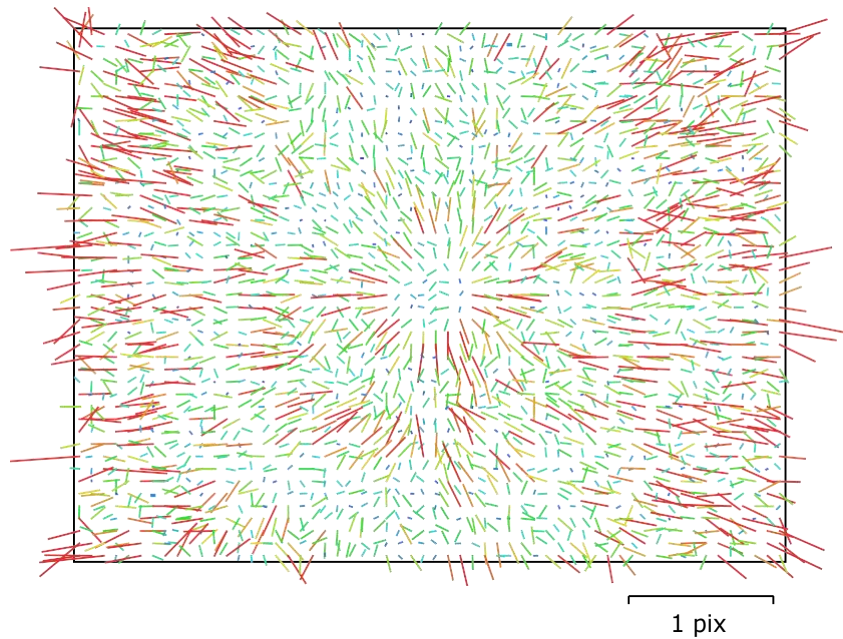


Fig. 2. Image residuals for FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

91 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3686.3	1.3	1.00	0.11	-0.18	0.20	-0.08	0.12	-0.01	-0.05
Cx	0.798408	0.099		1.00	0.09	0.04	-0.01	0.02	0.54	0.12
Cy	-0.348681	0.096			1.00	-0.06	0.01	-0.02	0.14	0.74
K1	0.0028637	9e-05				1.00	-0.88	0.83	0.11	-0.03
K2	-0.0242526	0.00029					1.00	-0.98	-0.07	-0.02
K3	0.0237066	0.00031						1.00	0.04	0.01
P1	0.000422117	6.5e-06							1.00	0.18
P2	-0.000877306	6.7e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

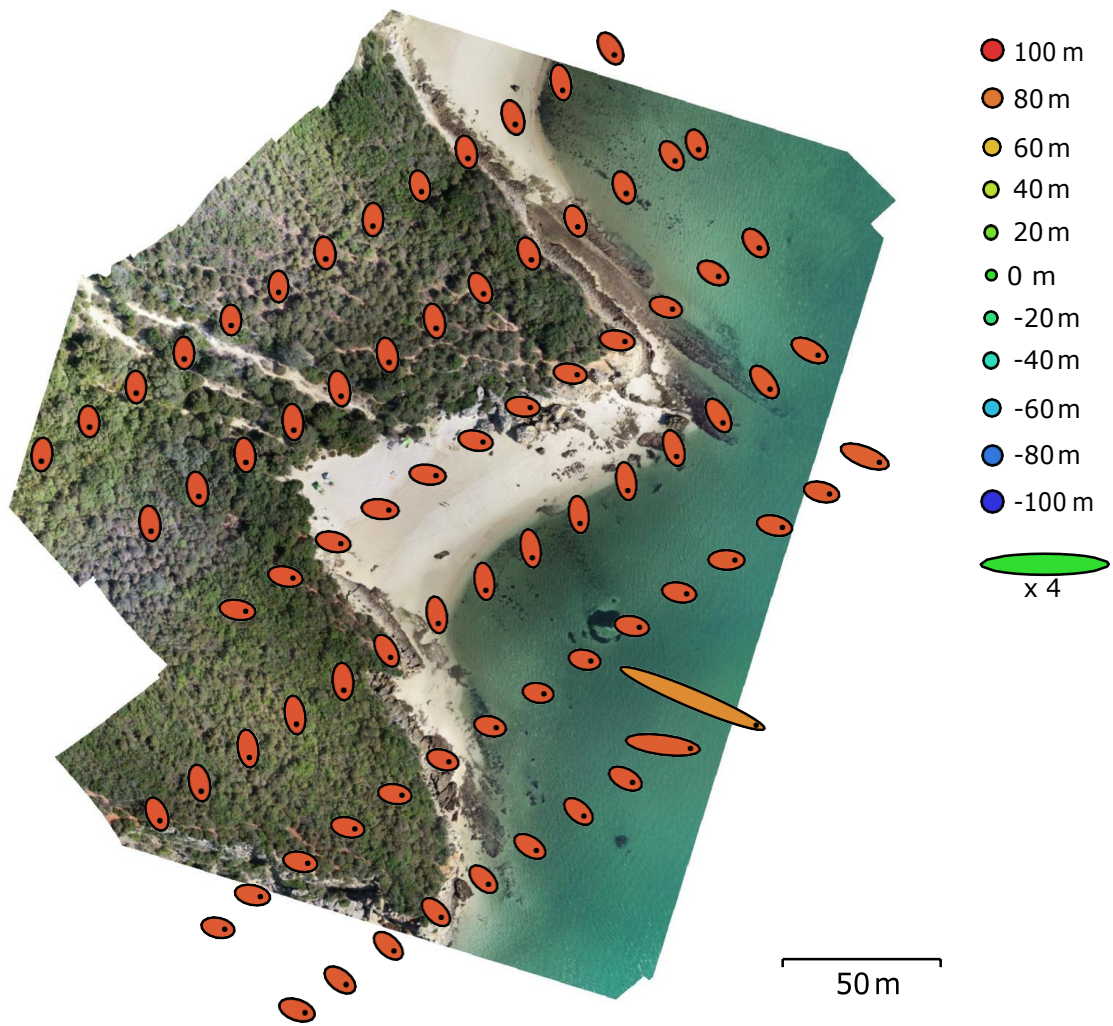


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.48983	0.990836	88.7888	1.78923	88.8069

Table 3. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

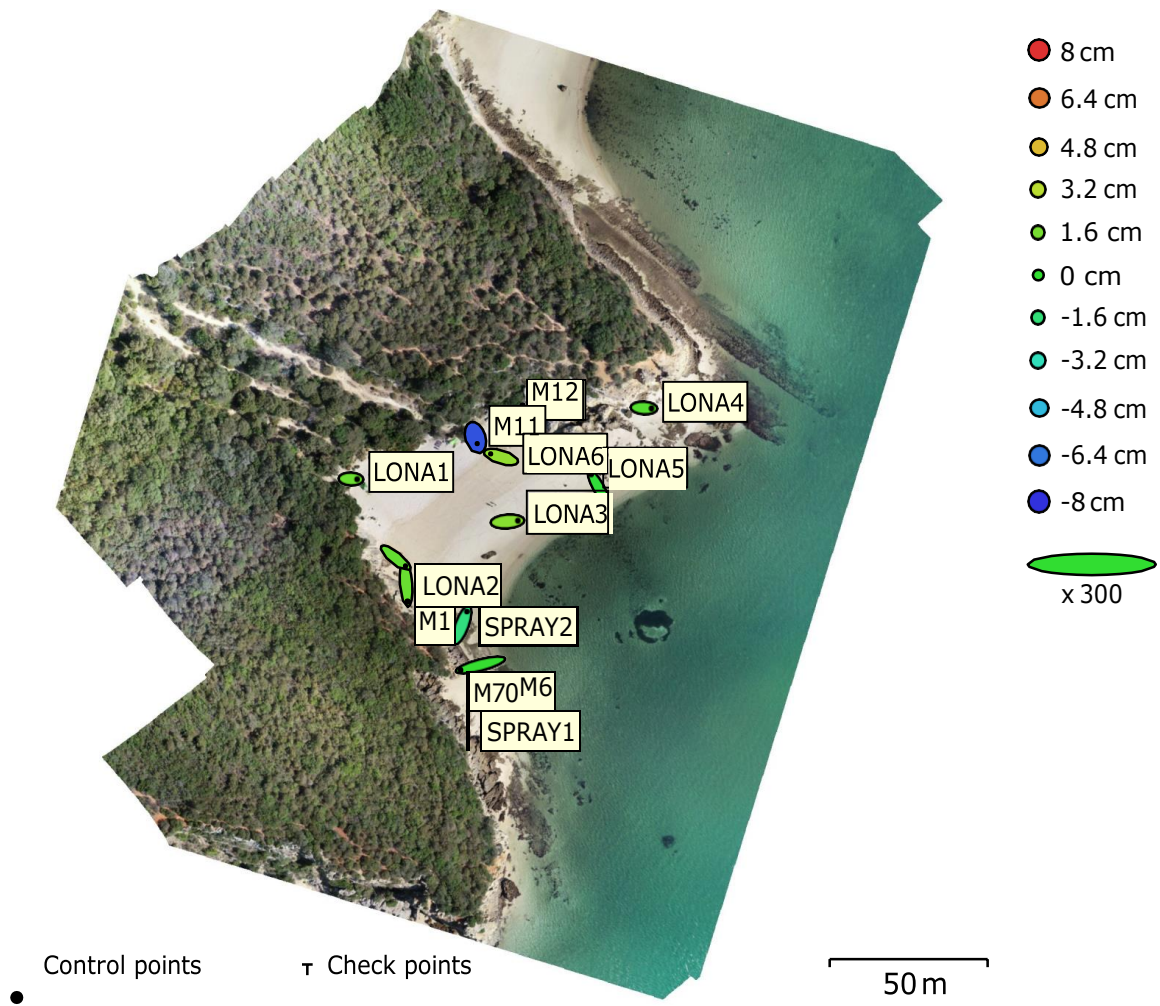


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
11	1.88557	1.77982	2.52574	2.5929	3.61974

Table 4. Control points RMSE.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
M14					
M13					
M12					
M11	0.372211	-1.22764	-7.22953	7.34246	0.967 (6)
M10					
M9					
M8					
M7					
M6	-4.15088	-0.983612	0.0912426	4.2668	0.293 (6)
M5					
M4	0.270816	-3.59573	1.26665	3.82191	0.201 (2)
M3					
M2					
M1					
SPRAY2	0.994075	2.77367	-1.77596	3.44027	0.303 (13)
SPRAY1	-1.02214	1.19053	-0.463449	1.63613	0.197 (11)
LONA6	-2.19351	0.65548	2.25821	3.21569	0.298 (13)
LONA5	-1.47456	2.64633	-0.169484	3.03416	0.272 (9)
LONA4	1.52463	-0.0812929	0.843898	1.7445	0.256 (13)
LONA3	2.13129	0.152189	2.00724	2.93165	0.241 (11)
LONA2	2.06076	-1.69272	1.1508	2.90454	0.264 (13)
LONA1	1.23902	-0.0556344	1.31585	1.80823	0.255 (8)
Total	1.88557	1.77982	2.52574	3.61974	0.346

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

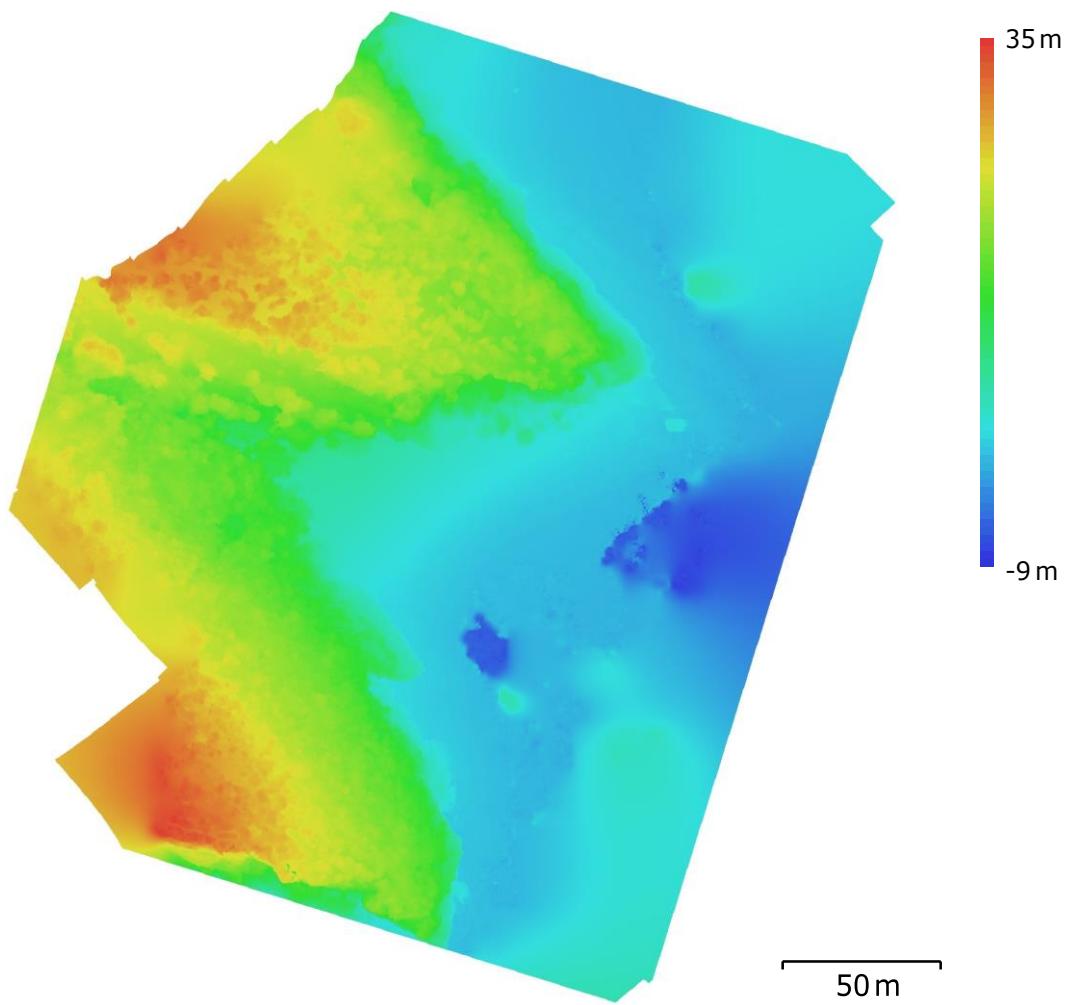


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 2.01 cm/pix
Point density: 24.8 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	91
Aligned cameras	78
Markers	26
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	51,702 of 56,072
RMS reprojection error	0.191779 (0.455153 pix)
Max reprojection error	1.25718 (25.0726 pix)
Mean keypoint size	2.04507 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	3.08755

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	2 minutes 28 seconds
Alignment time	14 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	0 seconds

Dense Point Cloud

Points	107,018,987
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	12 minutes 3 seconds
Dense cloud generation time	16 minutes 37 seconds

DEM

Size	15,476 x 16,753
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	2 minutes 25 seconds

Orthomosaic

Size	13,965 x 15,605
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	3 minutes 5 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Alpertuche

Processing Results

13 February 2019



Survey Data

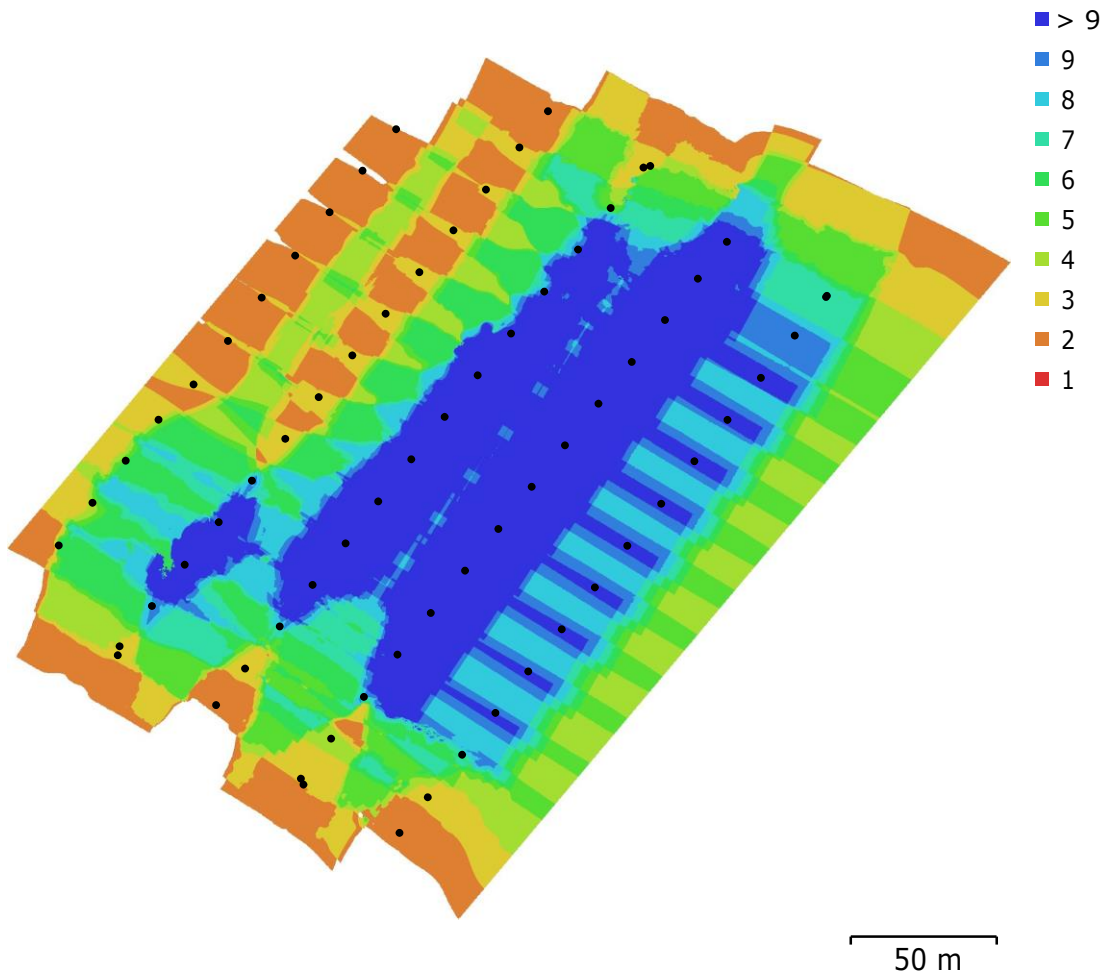


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	75	Camera stations:	71
Flying altitude:	73.2 m	Tie points:	166,565
Ground resolution:	1.85 cm/pix	Projections:	507,840
Coverage area:	0.0542 km ²	Reprojection error:	0.434 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310S (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

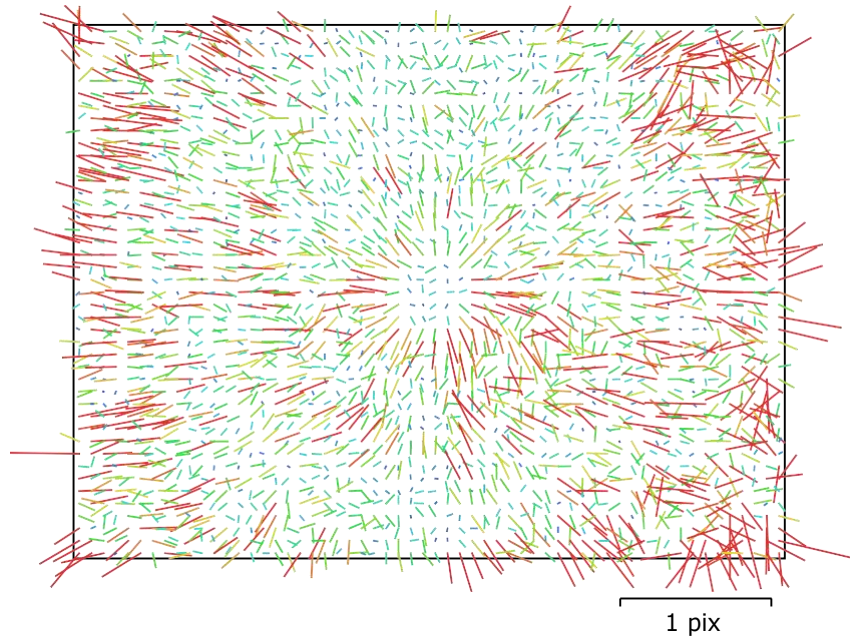


Fig. 2. Image residuals for FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

75 images

Type
Frame

Resolution
4864 x 3648

Focal Length
8.8 mm

Pixel Size
2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3618.77	0.19	1.00	-0.09	-0.19	0.00	0.00	0.02	0.00	-0.05
Cx	0.139481	0.05		1.00	-0.04	-0.04	0.00	0.01	0.59	-0.07
Cy	-0.504911	0.047			1.00	-0.04	0.04	-0.03	-0.09	0.79
K1	0.00195203	4.2e-05				1.00	-0.94	0.88	-0.09	-0.04
K2	-0.0209578	0.00014					1.00	-0.98	0.03	0.03
K3	0.0189163	0.00014						1.00	-0.01	-0.03
P1	0.000425752	3.1e-06							1.00	-0.07
P2	-0.000942486	3.7e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

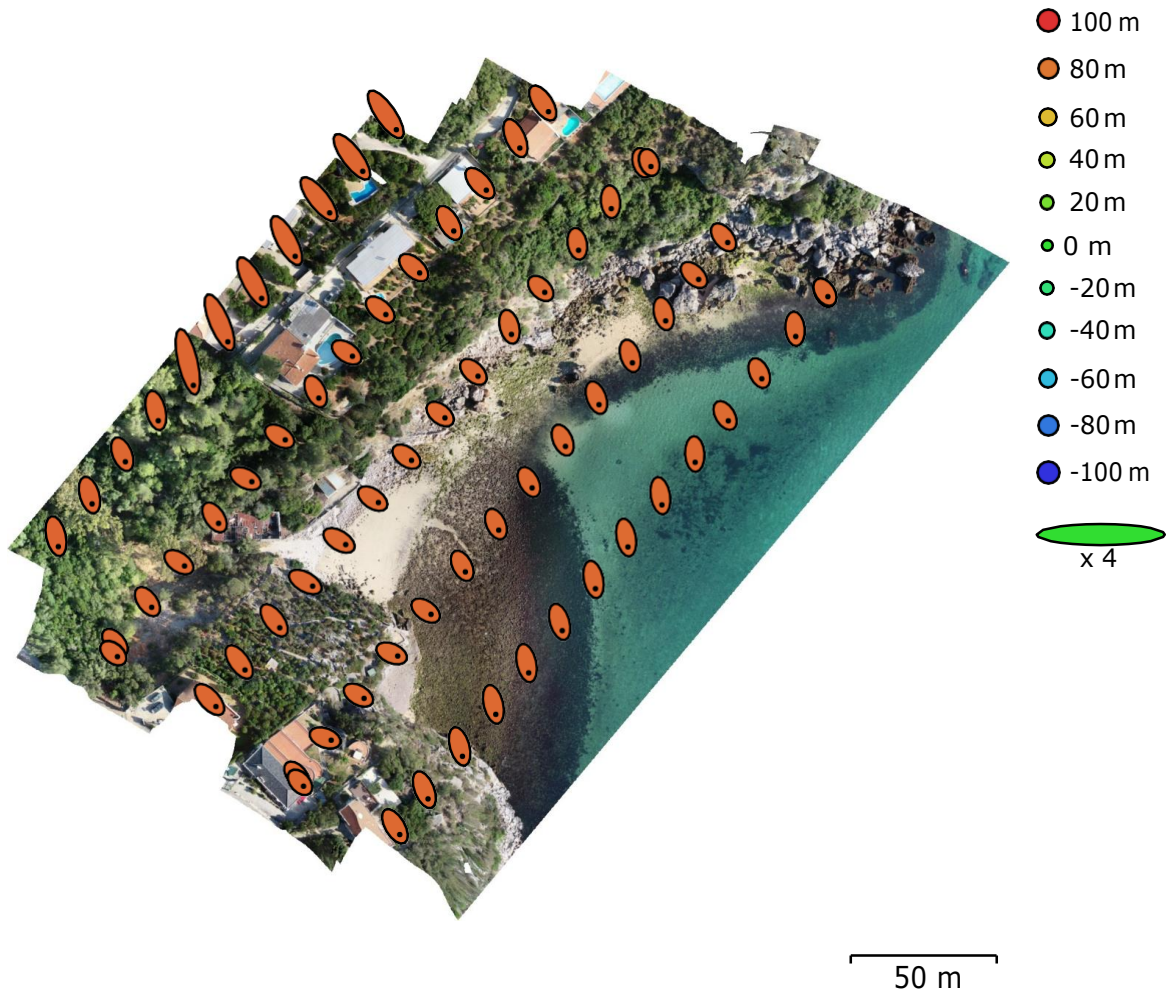


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
0.840748	1.41839	84.136	1.64884	84.1522

Table 3. Average camera location error.
 X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

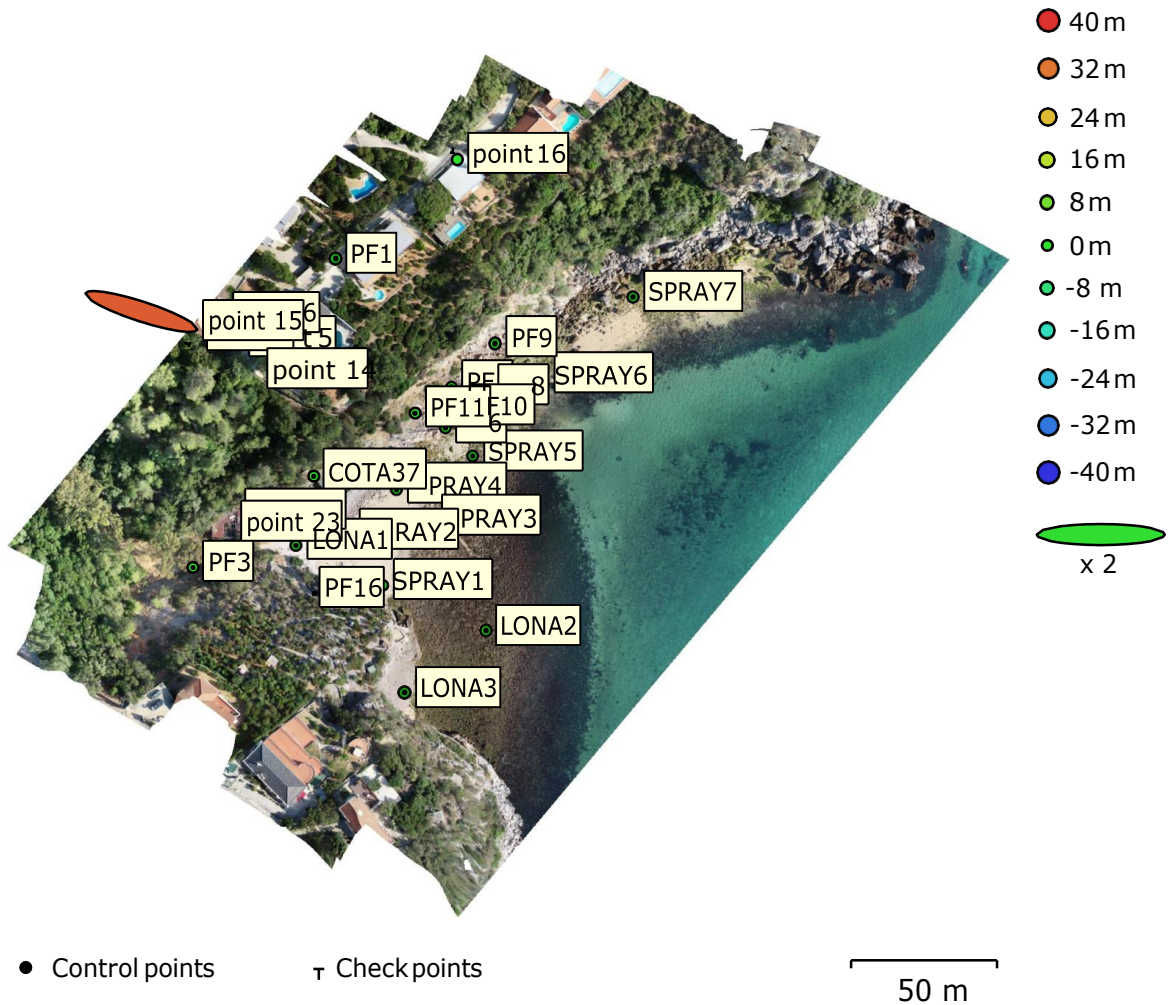


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total (m)
20	0.0377831	0.0228612	0.0291545	0.044161	0.0529167

Table 4. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Count	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total (m)
2	11.2482	3.67048	24.8561	11.8319	27.5285

Table 5. Check points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Total (m)	Image (pix)
SPRAY7	-0.0148784	0.0150757	0.029355	0.0361989	0.389 (12)
SPRAY6	0.0236035	0.0170195	0.0119825	0.0314701	0.297 (9)
SPRAY5	0.00851892	-0.0215595	2.76986e-05	0.0231815	0.257 (11)
SPRAY4	0.00133163	0.00818116	-0.00568176	0.0100492	0.355 (12)
SPRAY3	0.0364933	-0.0248607	-0.0108472	0.0454695	0.374 (10)
SPRAY2	0.0125837	0.0138343	0.0143154	0.0235514	0.295 (12)
SPRAY1	-0.0857175	0.0257679	-0.00425181	0.0896078	0.331 (9)
LONA3	0.016134	0.00607234	-0.0123748	0.0212206	0.356 (12)
LONA2	0.0326029	6.31073e-05	0.000507804	0.0326069	0.233 (9)
LONA1	0.0316769	0.00622334	0.0246416	0.0406124	0.251 (11)
PF1	0.0741893	0.000678634	-0.0363944	0.0826382	0.791 (3)
PF2	-0.0715256	0.0621472	0.076038	0.121491	0.611 (2)
PF3	0.028075	0.00255914	0.0116613	0.030508	0.287 (5)
PF6	0.0117882	-0.0133697	0.0216646	0.0280546	0.352 (8)
PF7	0.0038253	0.0125845	0.00113002	0.0132015	0.215 (8)
PF8	-0.00357272	-0.023977	0.0163207	0.0292237	0.634 (5)
PF9	-0.0200697	-0.019016	0.0178312	0.0328991	0.302 (5)
PF10	-0.0485622	-0.0191328	-0.0503772	0.0725411	0.416 (11)
PF11	-0.0459679	0.00302066	-0.0511813	0.06886	0.518 (6)
PF16					
COTA37	0.00924416	-0.0483411	-0.0374993	0.061875	0.449 (4)
Total	0.0377831	0.0228612	0.0291545	0.0529167	0.368

Table 6. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Total (m)	Image (pix)
point 5					1.230 (3)
point 6					0.308 (2)
point 7					0.357 (2)
point 11					0.549 (9)
point 14					1.496 (2)

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Total (m)	Image (pix)
point 15	15.9073	-5.19015	35.1517	38.931	0.242 (2)
point 16	-0.0100824	-0.0846747	-0.067411	0.1087	0.093 (3)
point 23					0.930 (2)
Total	11.2482	3.67048	24.8561	27.5285	0.169

Table 7. Check points.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

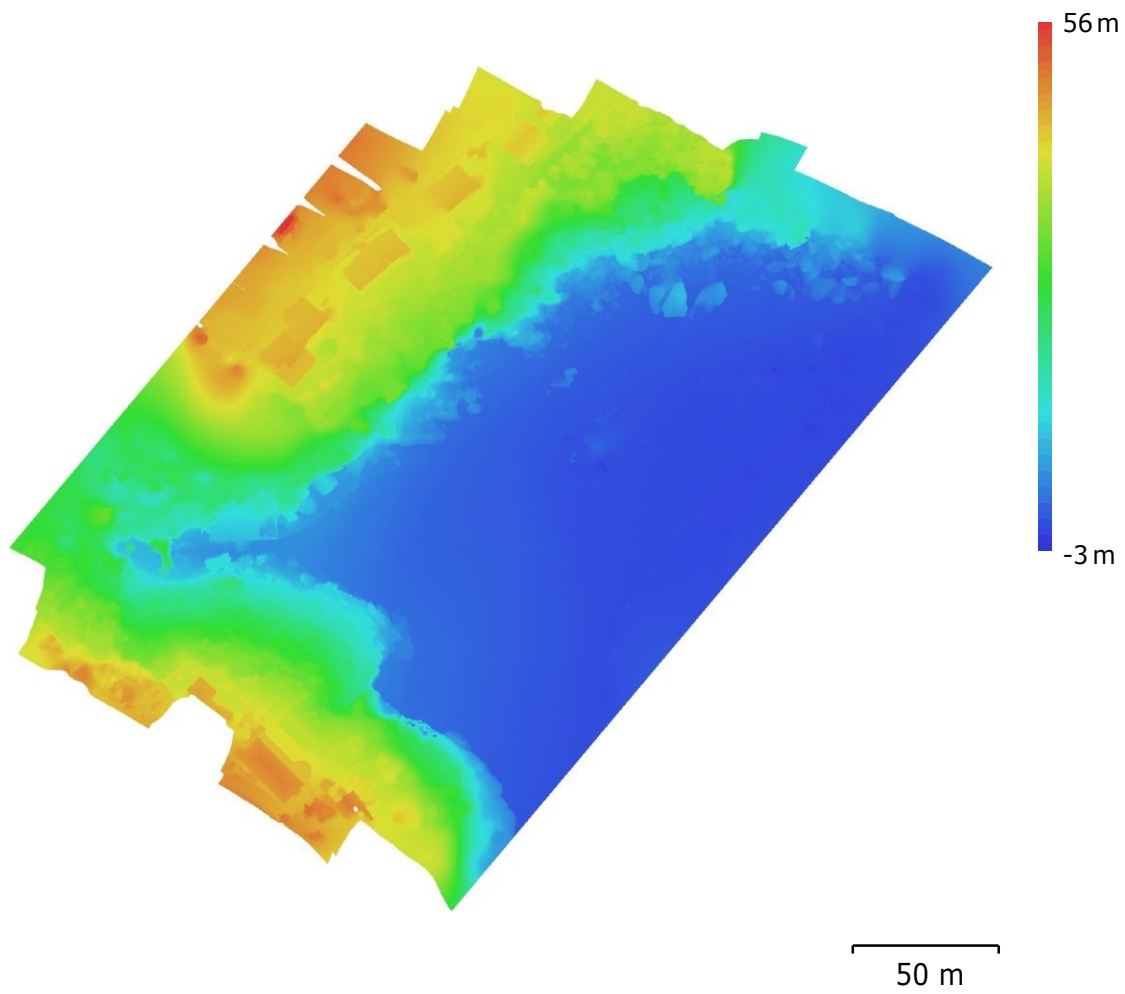


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 1.85 cm/pix
Point density: 29.1 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	75
Aligned cameras	71
Markers	41
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	166,565 of 175,593
RMS reprojection error	0.197247 (0.433717 pix)
Max reprojection error	6.71804 (17.0238 pix)
Mean keypoint size	2.16129 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	3.11746

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	120,000
Tie point limit	12,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	9 minutes 21 seconds
Alignment time	29 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	1 seconds

Dense Point Cloud

Points	126,693,174
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	12 minutes 20 seconds
Dense cloud generation time	14 minutes 59 seconds

Model

Faces	25,338,614
Vertices	12,722,920
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	4,096 x 4,096, 4 bands, uint8

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Face count	25,338,615
Processing time	2 hours 14 minutes

Texturing parameters

Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	Yes
UV mapping time	9 minutes 20 seconds

Blending time	3 minutes 55 seconds
DEM	
Size	22,510 x 23,902
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	3 minutes 2 seconds
Orthomosaic	
Size	18,550 x 15,952
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	2 minutes 23 seconds
Software	
Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64



TEROMOVIGO



Albarquel

Processing Results

02 January 2019



Survey Data

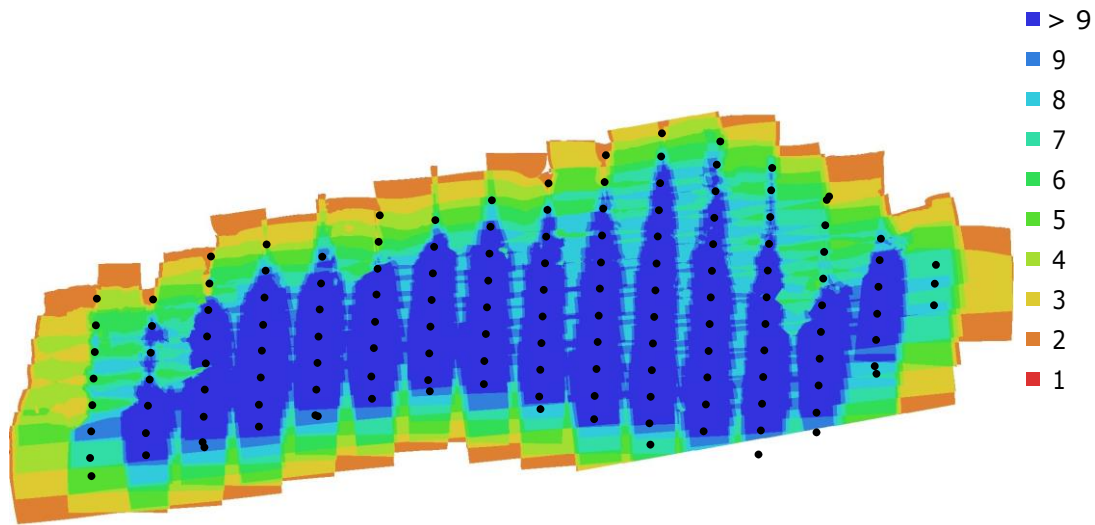


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	175	Camera stations:	143
Flying altitude:	100 m	Tie points:	102,357
Ground resolution:	2.43 cm/pix	Projections:	418,571
Coverage area:	0.181 km ²	Reprojection error:	0.4 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310S (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

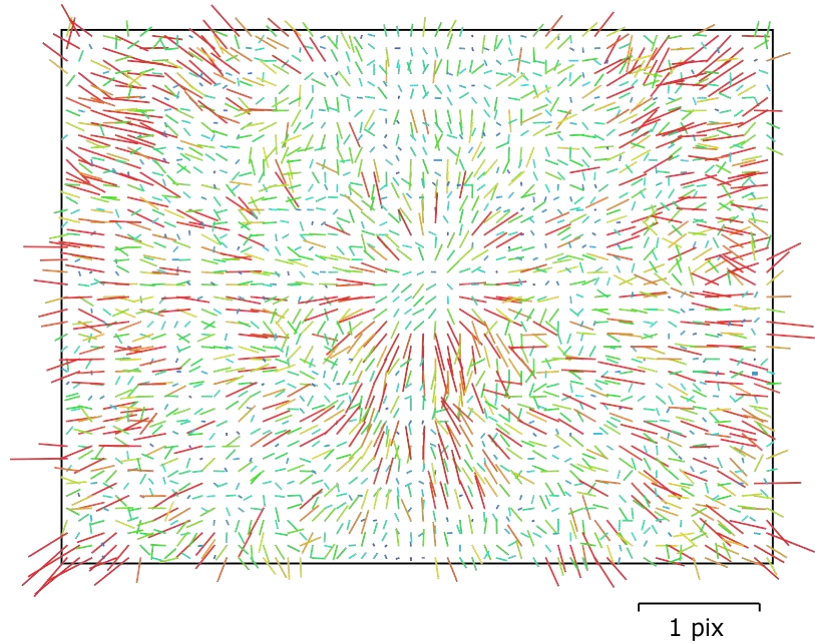


Fig. 2. Image residuals for FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

175 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3627.47	0.65	1.00	0.14	-0.33	0.07	-0.15	0.20	0.02	-0.11
Cx	0.0911294	0.045		1.00	-0.01	-0.00	-0.02	0.02	0.53	-0.07
Cy	-0.0522884	0.039			1.00	-0.04	0.06	-0.08	-0.03	0.45
K1	0.00136404	2.9e-05				1.00	-0.97	0.91	-0.01	-0.01
K2	-0.0196125	9.8e-05					1.00	-0.98	0.00	0.02
K3	0.0180644	0.0001						1.00	-0.00	-0.02
P1	0.00046382	2.4e-06							1.00	-0.09
P2	-0.000942008	1.8e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

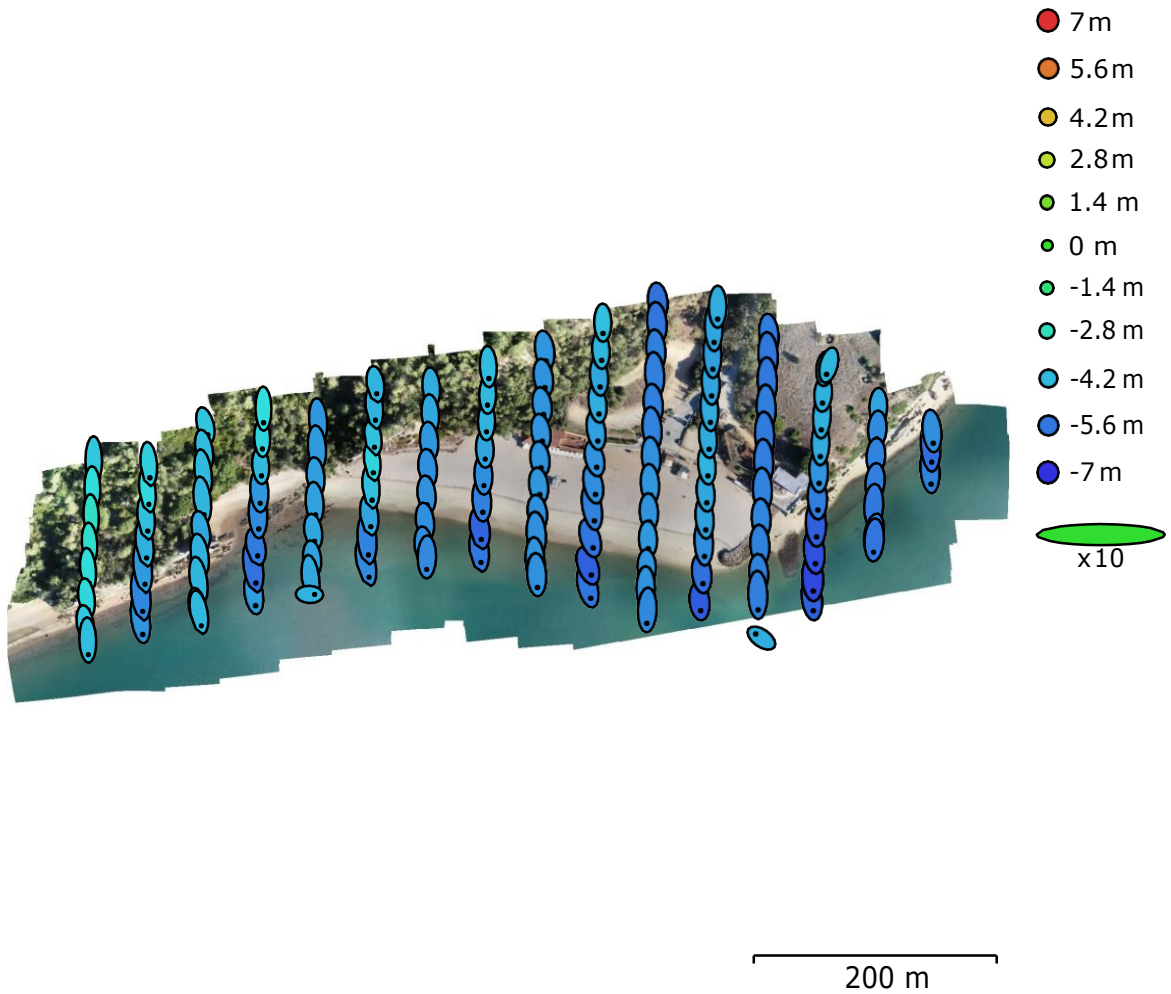


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
0.237654	1.99616	4.89866	2.01026	5.29509

Table 3. Average camera location error.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
34	1.62319	2.2938	1.36246	2.81003	3.12291

Table 4. Control points RMSE.

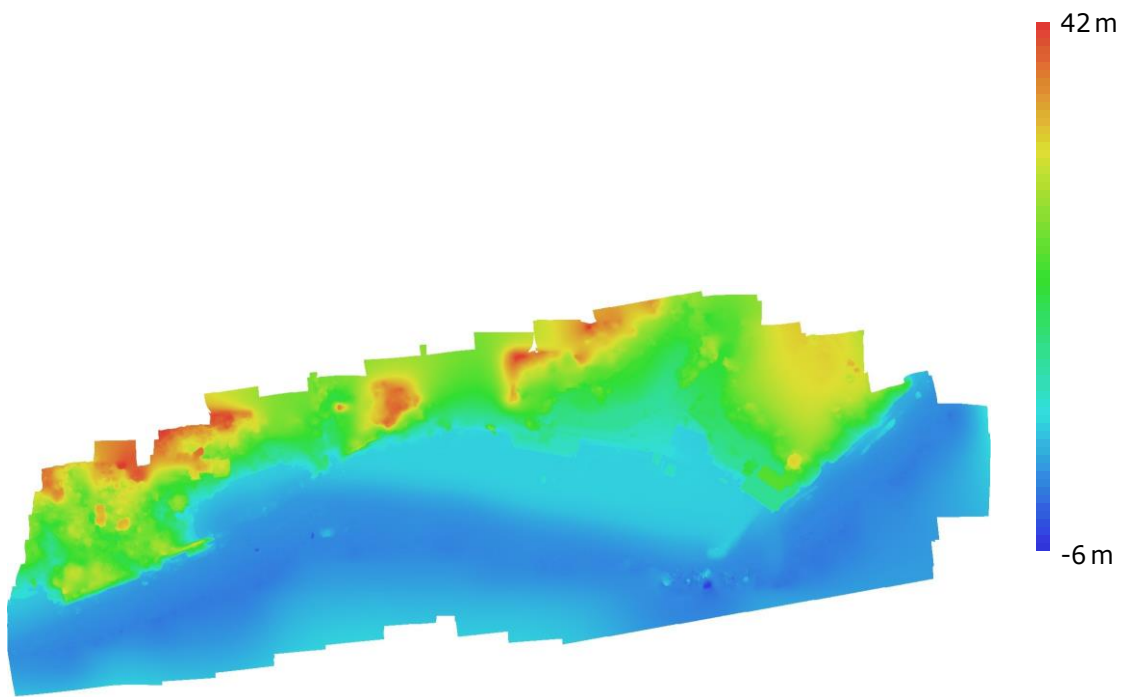
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0076	-0.00489291	2.32922	-0.927225	2.507	0.222 (10)
0075	-1.82955	0.160797	1.25055	2.22193	0.358 (7)
0074	1.00044	4.51299	3.03523	5.52997	0.240 (8)
0073	1.61504	1.36243	-1.31217	2.48724	0.237 (11)
0072	-2.67659	0.27815	1.30894	2.99246	0.247 (8)
0071	-1.84833	-2.41468	-0.30953	3.05661	0.214 (12)
0065	0.712477	-1.89792	0.744101	2.15949	0.234 (9)
0062	1.40472	-0.530602	-2.19625	2.66051	0.341 (12)
0060	1.82372	-1.45794	-0.861884	2.48885	0.360 (11)
0056	1.47544	-1.93587	0.702513	2.53339	0.213 (8)
0052	0.35792	2.59251	-1.17974	2.87071	0.318 (8)
0047	-0.409267	0.299601	1.65113	1.72727	0.240 (12)
0042	2.45629	1.40986	0.082318	2.83335	0.321 (9)
0038	2.28794	4.45336	-2.57711	5.63104	0.365 (12)
0021	-0.889856	-1.70486	-2.37463	3.05569	0.319 (5)
0020	1.24723	0.247766	-1.08398	1.67093	0.206 (13)
0019	1.56676	-2.03422	2.75921	3.76909	0.317 (11)
0018	-2.56196	-3.842	2.03442	5.04613	0.306 (13)
0017	-0.977465	4.04589	1.22865	4.33984	0.255 (13)
0016	2.50479	-1.92849	-0.218642	3.16873	0.332 (14)
0015	0.647498	0.62612	0.431311	0.998653	0.511 (12)
0014	-3.20766	-3.38725	-0.987697	4.76845	0.265 (13)
0013	-1.15526	2.51788	-0.738737	2.86707	0.288 (12)
0012	0.206865	0.58261	-0.235895	0.66172	0.246 (12)
0010	0.887513	2.49774	0.625714	2.72358	0.277 (11)
0009	0.524774	-2.2549	-0.782123	2.4437	0.381 (8)
0008	0.194852	1.10155	-1.14152	1.59826	0.387 (9)
0007	0.913007	-3.9163	2.14607	4.55814	0.330 (11)
0006	-0.744497	3.01193	0.254675	3.11301	0.265 (10)
0005	-1.34351	-0.970843	-0.171319	1.66641	0.270 (13)
0004	-2.25156	-2.62549	-0.463721	3.48967	0.369 (13)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
0003	0.528971	-0.714602	0.647199	1.0997	0.279 (13)
0002	-3.35924	-0.924716	-0.849773	3.58632	0.333 (13)
0001	0.942371	0.523644	-0.564509	1.21694	0.320 (8)
Total	1.62319	2.2938	1.36246	3.12291	0.306

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model



200 m

Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 2.43 cm/pix
Point density: 17 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	175
Aligned cameras	143
Markers	34
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	102,357 of 111,444
RMS reprojection error	0.209914 (0.399544 pix)
Max reprojection error	0.952406 (17.6387 pix)
Mean keypoint size	1.86203 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	4.14005

Alignment parameters

Accuracy	Highest
Generic preselection	No
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	4 minutes 17 seconds
Alignment time	36 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	2 seconds

Dense Point Cloud

Points	198,831,248
Point colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	30 minutes 21 seconds
Dense cloud generation time	31 minutes 35 seconds

DEM

Size	40,618 x 17,872
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	5 minutes 18 seconds

Orthomosaic

Size	34,062 x 14,011
Coordinate system	ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763)
Colors	3 bands, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	3 minutes 53 seconds

Software

Version	1.4.3 build 6488
Platform	Windows 64