

BRIGADA HIDROGRÁFICA  
ELEMENTO HI41LH01  
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL  
REL TF HI 06/23 – VOLUME 1 DE 5  
**LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO NO  
ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES – ILHA DE  
SÃO MIGUEL**  
2023-04-24 A 2023-06-26

2024-02-01



NÃO CLASSIFICADO

FOLHA DE DIFUSÃO		
CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DO RELATÓRIO <b>Não classificado</b>		
<b>RESTRIÇÕES</b> COM RESTRIÇÕES <input checked="" type="checkbox"/> SEM RESTRIÇÕES/PÚBLICO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> USO EXCLUSIVO DO IH <input type="checkbox"/> USO EXCLUSIVO DO CLIENTE <input checked="" type="checkbox"/> DIVULGAÇÃO SUJEITA A AUTORIZAÇÃO PRÉVIA <input checked="" type="checkbox"/> OUTRAS (VER NOTAS) DURAÇÃO DAS RESTRIÇÕES: <input type="checkbox"/> PERMANENTE <input checked="" type="checkbox"/> 2 ANOS		<b>DESCCLASSIFICAÇÃO</b> <b>Nada a referir</b>  <b>DISTRIBUIÇÃO/DISPONIBILIDADE DO RELATÓRIO</b> <b>GRA, DD, HI, BH</b>
<b>AUTOR(ES)</b> <b>Primeiro-tenente Teixeira de Carvalho</b> <b>Capitão-tenente Ventura da Cruz</b>		<b>AUTOR INSTITUCIONAL</b> <b>Instituto Hidrográfico</b> <b>Brigada Hidrográfica</b>
<b>TÍTULO DO RELATÓRIO</b> <b>Levantamento hidrográfico no arquipélago dos Açores - ilha de São Miguel</b>		
<b>TIPO DE RELATÓRIO</b> <b>Técnico Final</b>	<b>DESIGNAÇÃO DO RELATÓRIO</b> <b>REL TF HI 06/23</b> <b>VOLUME 1 DE 5</b>	<b>ELEMENTO E ANO</b> <b>HI41LH01</b> <b>2023</b>
<b>PERÍODO DE EXECUÇÃO</b> <b>2023-04-24 A 2023-06-26</b>	<b>DATA DO RELATÓRIO</b> <b>2024-02-01</b>	<b>N.º DE FOLHAS</b> <b>118</b>
<b>NOTAS</b> <p>Este levantamento faz parte do contrato de cooperação celebrado entre a Secretaria Regional do Mar e das Pescas/Direção Regional dos Assuntos do Mar e o Instituto Hidrográfico celebrado em 12 de abril de 2022. Toda a informação original recolhida será arquivada no Instituto Hidrográfico, tendo o cliente sempre acesso a ela. O acesso aos dados, por parte de outras entidades, ficará condicionado, durante dois anos após a entrega do relatório, à prévia concordância da entidade adjudicante.</p>		
<b>RESUMO</b> <p>O levantamento hidrográfico na ilha de São Miguel teve como objetivo obter informação para apoio ao processo de Ordenamento do Espaço Marítimo dos Açores e para atualização cartográfica.</p> <p>Este levantamento hidrográfico cumpre os requisitos da ordem 1ª estabelecidos na publicação S44, ed. 6.1, da OHI. Foram utilizadas as embarcações de sondagem <i>Mergulhão</i> e <i>Scorpion</i> equipadas com o SMF KONGSBERG EM 2040C. O posicionamento foi assegurado por sistemas DGNSS RTK.</p>		
<b>EDITOR</b> <b>INSTITUTO HIDROGRÁFICO</b> Rua das Trinas 49, 1249-093 Lisboa Tel. 210 943 000 / Fax 210 943 299 geral@hidrografico.pt		<b>DESCRITORES</b> Arquipélago dos Açores Ilha de São Miguel Levantamentos costeiros Levantamentos portuários
<b>DATA DE EDIÇÃO</b> <b>Fevereiro de 2024</b>		

NÃO CLASSIFICADO



## LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

N.º	DISTRIBUIÇÃO INTERNA	DISTRIBUIÇÃO EXTERNA	FORMATO
1		GRA	PDF
2	DD, HI, BH		PDF

EXEMPLAR N.º \_\_



## ÍNDICE

FOLHA DE DIFUSÃO .....	iii
LISTA DE DISTRIBUIÇÃO.....	v
ÍNDICE .....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xi
1. Introdução.....	13
2. Elementos de planeamento.....	13
2.1. Cartografia em vigor .....	13
2.2. Resumo histórico.....	14
2.3. Reconhecimento .....	14
3. Sistemas de referência .....	14
3.1. Referência horizontal.....	14
3.1.1. Datum .....	14
3.1.2. Elipsoide .....	14
3.1.3. Sistema de projeção .....	14
3.2. Referência vertical.....	15
3.2.1. Zero Hidrográfico .....	15
3.2.2. Nível Médio Adotado.....	15
4. Rede local.....	15
4.1. Estações de referência.....	15
4.2. Pontos de apoio .....	15
5. Hidrografia .....	16
5.1. Esquema de cobertura .....	16
5.2. Maré.....	16
5.2.1. Redução de maré .....	16
5.2.2. Comparação com a previsão de maré .....	16
5.3. Aquisição de dados SMF .....	16
5.3.1. Configuração dos sistemas sondadores .....	16
5.3.2. Posicionamento e atitude das plataformas.....	17
5.3.3. Velocidade de propagação do som.....	17
5.3.4. Aquisição, controlo e gravação da informação hidrográfica .....	17
5.4. Processamento de dados SMF .....	18
5.4.1. Preparação e análise dos datagramas.....	18
5.4.2. Exatidão do sistema de posicionamento .....	18
5.4.3. Balanço da incerteza das medições.....	19
5.4.4. Avaliação da incerteza das medições .....	19

5.4.5. Georreferenciação e correção das sondas .....	20
5.4.6. Validação dos modelos batimétricos .....	20
5.4.7. Produtos finais do Levantamento Hidrográfico .....	21
6. Elementos de navegação .....	21
6.1. Objetos, obstruções e estruturas relevantes .....	21
7. Outros elementos .....	22
7.1. Comparação com a cartografia em vigor.....	22
7.2. Toponímia.....	22
8. Produtos finais para arquivo .....	22
9. Dados estatísticos .....	23
9.1. Trabalhos em terra.....	23
9.2. Trabalhos no mar.....	23
9.3. Espaço em disco.....	23
10. Diversos .....	23
10.1. Apoios.....	23
10.2. Ocorrências .....	24
10.3. Limitações.....	24
11. Considerações finais .....	24
REFERÊNCIAS.....	25

## **TABELAS**

<b>Tabela I</b> – Coordenação da estação de referência .....	15
<b>Tabela II</b> – Localização do marégrafo. ....	16
<b>Tabela III</b> – Parâmetros estatísticos da comparação entre alturas de maré. ....	16
<b>Tabela IV</b> – Exatidão do sistema de posicionamento no dia 26 de abril de 2023 com REF RTK_Polnato_PD (© IH BH2 11/92). ....	19
<b>Tabela V</b> – Exatidão do sistema de posicionamento no dia 26 de abril de 2023 com ReNEP FRNS (© IH BH2 11/92). ....	19
<b>Tabela VI</b> – Objetos, obstruções e estruturas relevantes na ilha de São Miguel. ....	22

## **APÊNDICES**

Apêndice A-1	Equipa do Levantamento (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice A-2	Equipamentos utilizados no Levantamento (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice B	Esquema da Área Sondada



Apêndice C-1	Relação de Coordenadas dos Pontos de Apoio
Apêndice C-2	Ficha de Ponto Coordenado do Ponto de Apoio (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice D-1	Parâmetros de Aquisição dos Dados Hidrográficos (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice D-2	Parâmetros de Processamento dos Dados Hidrográficos (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice D-3	Modelação Batimétrica (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice E	Ficha de Instalação de Marégrafo (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice F	Comparação com a Cartografia em Vigor (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice G	Velocidade de Propagação do Som (apenas no exemplar n.º 2)
Apêndice H	Objetos, Obstruções, Estruturas Relevantes e Profundidades Mínimas
Apêndice I	Ocorrências e Limitações (apenas no exemplar n.º 2)
<b>ANEXOS</b>	
Anexo A	Ordem de Execução e Instruções Técnicas (apenas no exemplar n.º 2)



## LISTA DE ABREVIATURAS

ANAC	Avaliação da Necessidade de Atualização Cartográfica
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASVP	ASCII Sound Velocity Profile
BH	Brigada Hidrográfica
CARIS HIPS	Computer Aided Resource Information System Hydrographic Information Processing System
CEN	Carta Eletrónica de Navegação
CN	Carta Náutica
CW	Continuous Wave
CSAR	Caris Spatial Archive
CUBE	Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DGT	Direção-Geral do Território
DRMS	Distance Root Mean Square
FPC	Ficha de Ponto Coordenado
FPS	Fiada Principal de Sondagem
FRNS	Estação ReNEP das Furnas
FVS	Fiada de Verificação de Sondagem
GNSS	Global Navigation Satellite System
GRA	Governo Regional dos Açores
GRS80	Geodetic Reference System 1980
HI	Divisão de Hidrografia do Instituto Hidrográfico
IH	Instituto Hidrográfico
IT	Instruções Técnicas
ITRF93	International Terrestrial Reference Frame 1993
KM	Kongsberg Maritime
LH	Levantamento Hidrográfico
MB	Modelo Batimétrico
MBCC	Modelo Batimétrico de Cobertura Completa
MIVA	Máxima Incerteza Vertical Admissível
MN	Marca de Nivelamento
MRU	Motion Reference Unit
NMA	Nível Médio Adotado
NTRIP	Network Transport of RTCM via Internet Protocol
OE	Ordem de Execução

OHI	Organização Hidrográfica Internacional
PA	Ponto de Apoio
PA3D	Ponto de Apoio 3D
PDEL	Estação ReNEP de Ponta Delgada
PN	Publicação Náutica
RADAR	Radio Detection And Ranging
REF	Estação de Referência
REL TF	Relatório Técnico Final
ReNEP	Rede Nacional de Estações Permanentes
RP	Reference Point
RTK	Real-Time Kinematic
SIS	Seafloor Information System
SMF	Sondador Multifeixe
SVP	Sound Velocity Profiler
TBC	Trimble Business Center
THU	Total Horizontal Uncertainty
TPU	Total Propagated Uncertainty
TVU	Total Vertical Uncertainty
VPS	Velocidade de Propagação do Som
VRS	Variable Resolution Surface
XML	Extensible Markup Language
ZH	Zero Hidrográfico

BRIGADA HIDROGRÁFICA  
ELEMENTO HI41LH01  
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL  
REL TF HI 06/23 – VOLUME 1 DE 5  
**LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES – ILHA DE  
SÃO MIGUEL**  
2023-04-24 A 2023-06-26

## **1. Introdução**

A Brigada Hidrográfica (BH), em cumprimento da Ordem de Execução (OE) 16/DT/23 de 11 de abril de 2023 e de acordo com as Instruções Técnicas (IT) 06/23 da Divisão de Hidrografia (HI) do Instituto Hidrográfico (IH), reproduzidas no anexo A, realizou, no período de 24 de abril a 26 de junho de 2023, um levantamento hidrográfico (LH) no arquipélago dos Açores, na ilha de São Miguel.

A equipa envolvida e os equipamentos utilizados no levantamento encontram-se detalhados nos apêndices A-1 e A-2, respetivamente.

Os trabalhos de estabelecimento da rede local consistiram nas seguintes ações:

- Instalação de uma estação de referência (REF);
- Coordenação de um ponto de apoio (PA);
- Instalação de um marégrafo (porto de Ponta Delgada).

O LH decorreu do contrato de cooperação celebrado entre a Secretaria Regional do Mar e das Pescas/Direção Regional dos Assuntos do Mar e o IH, assinado em 12 de abril de 2022, com o objetivo de obter informação para apoio ao processo de Ordenamento do Espaço Marítimo dos Açores e para atualização cartográfica, com os requisitos de ordem 1a, conforme a publicação S-44 – Especificações da Organização Hidrográfica Internacional (OHI) para Levantamentos Hidrográficos, edição 6.1, outubro de 2022.

## **2. Elementos de planeamento**

### **2.1. Cartografia em vigor**

A área do levantamento encontra-se representada na carta náutica (CN):

- 46406 – Ilha de São Miguel, 1ª edição, agosto de 2001 (reimpressão julho de 2012).

A área do levantamento encontra-se representada nas cartas eletrónicas de navegação (CEN):

- PT446406 – Arquipélago dos Açores - Ilha de São Miguel.

## **2.2. Resumo histórico**

Os últimos levantamentos realizados nesta área decorreram:

- Entre 24 de julho e 2 de agosto de 2017, conforme relatório técnico final (REL TF) HI 15/17;
- Entre 25 de junho a 22 de agosto de 2017, conforme REL TF HI 14/17;
- Entre 18 a 28 de julho de 2015, conforme REL TF HI 12/15;
- Entre 17 de setembro e 7 de outubro de 2014, conforme REL TF HI 14/14.

## **2.3. Reconhecimento**

O reconhecimento terrestre da ilha de São Miguel foi efetuado entre os dias 28 de fevereiro e 3 de março de 2023, tendo-se identificado as facilidades logísticas disponíveis, os locais passíveis de atracar a embarcação de sondagem e a existência de PA e marcas de nivelamento (MN) de trabalhos anteriores que servissem de apoio ao estabelecimento da rede local para este LH.

Este reconhecimento, para além do que foi mencionado anteriormente, foi de vital importância na descoberta, na ilha de São Miguel, de embarcações auxiliares com capacidade para acomodar 6 pessoas, a fim de possibilitar um esforço de sondagem com autonomia de 3 a 4 dias. Isto, para permitir a realização de LH nas áreas mais distantes dos portos da ilha de São Miguel e, posteriormente, deslocar-se para a ilha de São Jorge para concluir as áreas em falta nesta ilha. Foram cuidadosamente verificadas as condições técnicas, estruturais e de navegação das poucas embarcações auxiliares disponíveis, com o objetivo de equipá-las com um sistema sondador multifeixe (SMF) e garantir a robustez e autonomia necessárias à realização do LH. A embarcação selecionada, a *Scorpion*, através de concurso público, cumpriu de forma excecional o planeamento estabelecido para esta missão.

## **3. Sistemas de referência**

### **3.1. Referência horizontal**

#### **3.1.1. Datum**

*International Terrestrial Reference Frame 1993 (ITRF93).*

#### **3.1.2. Elipsoide**

*Geodetic Reference System 1980 (GRS80).*

#### **3.1.3. Sistema de projeção**

PTRA08-UTM / ITRF93 – Fuso 26N.

### 3.2. Referência vertical

#### 3.2.1. Zero Hidrográfico

As profundidades encontram-se referidas ao zero hidrográfico (ZH), que no local do LH, se encontra 1,00 m abaixo do Nível Médio Adotado (NMA) no arquipélago dos Açores (Ponta Delgada, 1991).

#### 3.2.2. Nível Médio Adotado

Na coordenação de PA foi utilizado como plano de referência o NMA no arquipélago dos Açores.

### 4. Rede local

#### 4.1. Estações de referência

Para garantir o posicionamento horizontal das embarcações de sondagem, recorrendo a *Differential Global Navigation Satellite System (DGNSS) Real-Time Kinematic (RTK)*, foram utilizadas a REF das Furnas (FRNS), pertencente à Rede Nacional de Estações Permanentes (ReNEP) e a REF DGNSS RTK instalada no posto de vigia POLNATO de Ponta Delgada. Neste âmbito, foi coordenado o ponto de apoio 3D (PA3D) ☉ REF\_Polnato\_PD com um recetor TRIMBLE R9s *Global Navigation Satellite System (GNSS)* geodésico (código e fase) em modo estático. O processamento das observações GNSS foi efetuado no software TRIMBLE BUSINESS CENTER (TBC) v.5.80, através de ajustamento de rede com as estações de referência da ReNEP: FRNS e Ponta Delgada (PDEL).

Os parâmetros de qualidade das coordenações encontram-se descritos na tabela I.

**Tabela I** – Coordenação da estação de referência.

Designação	Distância à Área de Sondagem		Incerteza (95%)		
	Mínima (m)	Máxima (m)	Leste (m)	Norte (m)	Altitude (m)
☉ REF RTK_Polnato_PD	500	23 000	0,004	0,005	0,034

A relação de coordenadas dos PA encontra-se detalhada no apêndice C-1.

#### 4.2. Pontos de apoio

Foi coordenado um ponto de apoio 3D (PA3D), com um recetor TRIMBLE R2 GNSS geodésico (código e fase) em modo estático. O processamento das observações GNSS foi efetuado no software TBC v.5.80, através de ajustamento de rede com a estação de referência da ReNEP PDEL e com a REF RTK\_Polnato\_PD.

A relação de coordenadas do PA e a ficha de ponto coordenado (FPC) encontram-se detalhadas nos apêndices C-1 e C-2, respetivamente.

## 5. Hidrografia

### 5.1. Esquema de cobertura

O LH, de ordem 1a, foi efetuado por SMF com o seguinte esquema de cobertura:

- Fiadas principais de sondagem (FPS) com direção paralela à batimetria;
- Sobreposição de 20 % entre FPS adjacentes (140 % de cobertura);
- Fiadas de verificação de sondagem (FVS) com espaçamento variável, garantindo pelo menos 3 em cada área de sondagem.

O esquema da área sondada encontra-se detalhado no apêndice B.

### 5.2. Maré

#### 5.2.1. Redução de maré

A redução da sondagem foi efetuada através dos dados do marégrafo *Radio Detection And Ranging* (RADAR) instalado na MN ☉ IH BH 33/11, conforme descrito tabela II.

**Tabela II**– Localização do marégrafo.

Designação	Localização	Período de Observação
☉ IH 959	Casa do poço de maré no Porto de Ponta Delgada	2023-04-27 a 2023-06-22

A ficha de instalação de marégrafo encontra-se detalhada no apêndice E.

#### 5.2.2. Comparação com a previsão de maré

A comparação entre a altura de maré registada pelo marégrafo de RADAR e a prevista para o porto de Ponta Delgada, revelou os resultados descritos na tabela III.

**Tabela III** – Parâmetros estatísticos da comparação entre alturas de maré.

Parâmetro	Valor
Número de comparações	13 492
Média das diferenças <sup>1</sup>	0,284 m
Desvio padrão	0,400 m

### 5.3. Aquisição de dados SMF

#### 5.3.1. Configuração dos sistemas sondadores

O LH, de ordem 1a, foi realizado a bordo da embarcação de sondagem *Gaivota*, com o SMF KONGSBERG EM 2040C a operar na frequência de 300 kHz e com uma imersão do transdutor de 0,668 m e pela embarcação auxiliar *Scorpion*, com o SMF KONGSBERG EM 2040C a operar na frequência de 300 kHz e com uma imersão do transdutor de 1 m.

Os parâmetros de instalação e aferição dos SMF, utilizados durante a aquisição de dados, encontram-se detalhados no apêndice D-1.

---

<sup>1</sup> Valor negativo/positivo significa altura de maré registada inferior/superior à prevista.



### 5.3.2. Posicionamento e atitude das plataformas

A integração do posicionamento, arfagem (*heave*), atitude (*roll*, *pitch*) e proa (*heading*), das embarcações de sondagem, referidos aos seus pontos de referência (RP<sup>2</sup>), foram assegurados:

- Na embarcação de sondagem *Gaivota* pelo módulo SEAPATH 380, com base na informação do sensor inercial KONGSBERG SEATEX *Motion Reference Unit* (MRU) 5 e das duas antenas GNSS NOVATEL GPS-713-GGG-N e das correções DGNSS RTK, recebidas via *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (NTRIP) *Client*, a partir da REF instalada no PA ⊙ RTK\_Polnato\_PD e da estação da ReNEP FRNS;
- Na embarcação auxiliar *Scorpion* pelo módulo SEAPATH 130, com base na informação do sensor inercial KONGSBERG SEATEX MRU 5+ e das correções DGNSS RTK, recebidas via NTRIP *Client* a partir da REF instalada no PA ⊙ RTK\_Polnato\_PD e da estação da ReNEP FRNS.

O posicionamento foi adquirido com uma taxa de 10 Hz e a atitude com uma taxa de 100 Hz.

### 5.3.3. Velocidade de propagação do som

A medição da velocidade de propagação do som (VPS) na água foi realizada:

- À profundidade de imersão dos transdutores com um *probe* AML MICRO-X SV, com uma taxa de 1 Hz, permitindo o guiamento dos feixes dos SMF;
- Ao longo da coluna de água com dois perfiladores (SVP<sup>3</sup>) AML-3-LGR, permitindo o traçado do raio acústico.

A execução de perfis de VPS obedeceu ao seguinte método:

- No início de cada sessão de sondagem, na zona de maior profundidade dentro da área do levantamento, a barlacorrente, foi adquirido um perfil com o SVP;
- Este perfil foi atualizado sempre que julgado conveniente, tendo em consideração a correspondência com a informação fornecida pelo *probe* e a alteração das condições ambientais (temperatura, maré).

A relação de perfis de VPS efetuados encontra-se detalhada no apêndice G.

### 5.3.4. Aquisição, controlo e gravação da informação hidrográfica

A aquisição, controlo e gravação de dados foram efetuados através do software *Seafloor Information System* (SIS) v.4.3.2, associado aos SMF KONGSBERG EM 2040C:

---

<sup>2</sup> Sigla em inglês: *Reference Point*.

<sup>3</sup> Sigla em inglês: *Sound Velocity Profiler*.

- As profundidades medidas foram corrigidas dos dados de atitude das embarcações e dos parâmetros obtidos nas aferições e referidas ao nível instantâneo de água;
- A cobertura efetiva dos SMF foi limitada a 120° (60° para cada bordo), correspondendo a uma largura da faixa sondada aproximadamente igual a 3,5 vezes a profundidade, com uma sobreposição de 20 % entre FPS adjacentes (140 % de cobertura). Esta cobertura garantiu a busca total do fundo e permitiu cumprir as especificações requeridas para levantamentos de ordem 1a, conforme definido na publicação S-44, edição 6.1 de outubro de 2022 da OHI;
- A aquisição de dados foi efetuada no modo de transmissão de impulso CW<sup>4</sup> e de formação de feixes *Equidistant High Density*<sup>5</sup>, permitindo a aquisição de 400 sondas, no sentido bombordo-estibordo (*across-track*), por impulso transmitido;
- A velocidade das embarcações de sondagem foi adaptada em função da profundidade de cada área, garantindo a busca total do fundo no sentido proa-popa (*along-track*). A velocidade média foi de 3,54 m/s na embarcação de sondagem *Gaivota* e de 3,08 m/s na embarcação auxiliar *Scorpion*.

#### **5.4. Processamento de dados SMF**

Os dados adquiridos com SMF foram processados no software *Computer Aided Resource Information System Hydrographic Information Processing System* (CARIS HIPS) v.11.4.23, não tendo sido aplicados filtros na importação.

##### **5.4.1. Preparação e análise dos datagramas**

A análise das fiadas obedeceu ao seguinte método:

- Configuração dos ficheiros das embarcações de sondagem (*Vessel File*) com os parâmetros de instalação e aferição dos equipamentos;
- Interpolação da trajetória das embarcações, baseada nas posições gravadas;
- Elaboração dos datagramas de maré, através do registo do marégrafo;
- Análise dos dados de navegação e de atitude, para deteção de eventuais erros e consequente rejeição das sondas por eles afetadas.

##### **5.4.2. Exatidão do sistema de posicionamento**

A avaliação da exatidão do sistema de posicionamento das embarcações foi realizada através da colocação da antena GNSS no PA © IH BH2 11/92 e subsequente comparação entre as coordenadas obtidas pelo sistema de posicionamento das embarcações e as coordenadas conhecidas do referido PA.

---

<sup>4</sup> Sigla em inglês: *Continuous Wave*.

<sup>5</sup> Designação em inglês para: equidistante de alta densidade.

Os resultados obtidos, descritos nas tabelas IV e V, permitiram efetuar a aquisição de dados de forma a cumprir com as especificações dos levantamentos de ordem 1a.

**Tabela IV** – Exatidão do sistema de posicionamento no dia 26 de abril de 2023 com REF RTK\_Polnato\_PD (© IH BH2 11/92).

Parâmetro	1D Vertical	2D Horizontal	3D
N.º de comparações	680		
Média (m)	-0,059	0,021	0,062
Desvio padrão (m)	0,006	0,002	0,005
2DRMS <sup>6</sup> (m)	0,118	0,042	0,124

**Tabela V** – Exatidão do sistema de posicionamento no dia 26 de abril de 2023 com ReNEP FRNS (© IH BH2 11/92).

Parâmetro	1D Vertical	2D Horizontal	3D
N.º de comparações	860		
Média (m)	-0,240	0,280	0,376
Desvio padrão (m)	0,034	0,038	0,031
2DRMS (m)	0,500	0,564	0,754

#### 5.4.3. Balanço da incerteza das medições

O balanço das incertezas horizontal (THU<sup>7</sup>) e vertical (TVU<sup>8</sup>), de cada sonda, teve em consideração os parâmetros detalhados no apêndice D-3 e baseou-se no modelo preditivo implementado no software CARIS HIPS v.10.4.23, em conformidade com as especificações da OHI.

#### 5.4.4. Avaliação da incerteza das medições

A avaliação da incerteza da medição das sondas foi realizada através da comparação dos valores das sondas reduzidas das FVS com as profundidades estimadas pelo algoritmo de modelação batimétrica *Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator* (CUBE)<sup>9</sup>, implementado no software CARIS HIPS v.11.4.23, com resolução variável, gerado apenas com as sondas reduzidas das FPS. Neste âmbito, foram comparadas:

- Na área a leste de Rabo de Peixe, 7 086 180 sondas, encontrando-se 99,40 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;

<sup>6</sup> Sigla em inglês: *Distance Root Mean Square*. Considerando uma distribuição normal dos erros em X, Y, e Z, 2DRMS corresponde a um nível de confiança de 95%.

<sup>7</sup> Sigla em inglês: *Total Horizontal Uncertainty*.

<sup>8</sup> Sigla em inglês: *Total Vertical Uncertainty*.

<sup>9</sup> O algoritmo CUBE faz uso da elevação e da incerteza total propagada para cada profundidade considerada, a fim de calcular uma ou várias hipóteses na área de interesse. As hipóteses resultantes são usadas para estimar estatisticamente a profundidade mais representativa em cada posição nodal (conforme publicação S-44 – Especificações da Organização Hidrográfica Internacional para Levantamentos Hidrográficos, edição 6.1, outubro de 2022).

- Na área a oeste de Rabo de Peixe, 6 350 806 sondas, encontrando-se 97,49 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a leste de Ponta Delgada, 7 927 568 sondas, encontrando-se 99,46 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a sudoeste da ilha de São Miguel, 9 747 653 sondas, encontrando-se 98,93 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a sul da ilha de São Miguel, 6 667 377 sondas, encontrando-se 98,75 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a sudeste da ilha de São Miguel, 10 064 530 sondas, encontrando-se 99,56 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a nordeste da ilha de São Miguel, 9 710 259 sondas, encontrando-se 98,75 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a norte da ilha de São Miguel, 13 526 543 sondas, encontrando-se 96,98 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a;
- Na área a noroeste da ilha de São Miguel, 5 425 446 sondas, encontrando-se 96,25 % na tolerância definida para levantamentos de ordem 1a.

#### **5.4.5. Georreferenciação e correção das sondas**

A correção e georreferenciação das sondas obedeceram ao seguinte método:

- Traçado do raio acústico associado a cada sonda, através dos datagramas de VPS;
- Cálculo da altura de água relativamente ao plano de referência vertical, através dos registos de altura de maré do marégrafo;
- Junção dos diferentes datagramas (sondas, navegação, atitude e altura de água), tendo em consideração o tempo GNSS dos diversos registos e os parâmetros de instalação e aferição dos equipamentos.

O processamento dos dados hidrográficos teve em consideração os parâmetros e correções detalhados no apêndice D-2.

#### **5.4.6. Validação dos modelos batimétricos**

A modelação batimétrica baseou-se no algoritmo CUBE implementado no software CARIS HIPS v.11.4.23, tendo sido efetuada uma análise das camadas de informação associadas aos modelos batimétricos (MB), nomeadamente:

- Densidade de sondas por nodo (*density*);
- Profundidade do nodo (*depth*);
- Confiança na estimativa da profundidade (*hypothesis count* e *hypothesis strength*);

- Desvio padrão das sondas que contribuíram para a estimação da profundidade do nodo (*standard deviation*);
- Desvio padrão das sondas por nodo (*node standard deviation*);
- Incerteza da estimação (*uncertainty*);
- Diferença entre a profundidade estimada e a profundidade mínima do nodo (*shoal\_diff*);
- Máxima incerteza vertical admissível (MIVA);
- Diferença entre MIVA e *shoal\_diff* (*Desig*).

O processamento semi-automático dos dados recorreu à visualização por áreas e perfis (*Subset Editor*):

- Rejeitando as sondas que produziam valores anómalos ou ruído no MB;
- Designando as sondas mínimas representativas de objetos, estruturas relevantes ou de valor díspar do estimado pelo algoritmo.

Os parâmetros utilizados na elaboração dos modelos batimétricos encontram-se detalhados no apêndice D-3.

#### **5.4.7. Produtos finais do Levantamento Hidrográfico**

Os produtos finais do LH foram nove modelos batimétricos de cobertura completa (MBCC)<sup>10</sup>, criados pelo algoritmo CUBE, em formato *Caris Spatial Archive* (CSAR), próprio do software CARIS HIPS v.11.4.23, com resolução variável, que incluem as sondas designadas e em que cada nodo possui um valor de incerteza vertical associado à estimação da profundidade, sendo selecionado o maior valor entre:

- Incerteza estimada pelo CUBE, a partir dos valores de incerteza das sondas determinados pelo modelo preditivo;
- Desvio padrão das sondas contribuintes para a estimação da profundidade do nodo, propagado a um nível de confiança de 95 %.

## **6. Elementos de navegação**

### **6.1. Objetos, obstruções e estruturas relevantes**

Existem diversos afloramentos rochosos que não foram totalmente sondados por motivos de segurança ou por se encontrarem no limite da área de sondagem, não tendo sido possível garantir a deteção da sonda mínima.

No LH destacam-se as sondas designadas descritas na tabela VI.

---

<sup>10</sup> O modelo batimétrico de cobertura completa é otimizado para garantir a cobertura total do fundo e aglutinar *holidays* isolados (adaptado da NT.HI.01).

**Tabela VI** – Objetos, obstruções e estruturas relevantes na ilha de São Miguel.

Profundidade (m)	X (m)	Y (m)	Latitude (°)	Longitude (°)	Descrição
2,888	606 334,32	4 196 577,06	37,9105219	-25,7903566	Afloramento rochoso <sup>11</sup>
3,542	627 570,49	4 187 583,72	37,8267596	-25,5504312	Afloramento rochoso
2,153	634 248,57	4 188 515,96	37,8342009	-25,4744001	Afloramento rochoso <sup>12</sup>
5,876	634 663,45	4 188 331,97	37,8324820	-25,4697211	Afloramento rochoso
9,000	640 846,00	4 189 896,91	37,8456478	-25,3991841	Afloramento rochoso
3,004	640 709,83	4 188 526,91	37,8333257	-25,4009979	Afloramento rochoso

As sondas designadas descritas na tabela VI encontram-se representadas no apêndice H.

## 7. Outros elementos

### 7.1. Comparação com a cartografia em vigor

A comparação efetuada entre os MB resultantes do LH e as isóbatas representadas nas CEN PT446406 e PT548M07 evidenciou diferenças significativas na área a noroeste da ilha de São Miguel, na região dos Mosteiros, onde sondas de 3,8 m encontram-se para além da isóbata dos 20 m, o que constitui perigo para a segurança da navegação.

Foram identificadas outras áreas com incorreta representação das isóbatas dos 10 m e 20 metros (mais próximas de terra), os resultados obtidos encontram-se detalhados no apêndice F.

### 7.2. Toponímia

A toponímia utilizada na CN encontra-se atualizada.

## 8. Produtos finais para arquivo

Foram gerados nove MB de resolução variável(VRS<sup>13</sup>), de acordo com o método descrito no apêndice D-3, nos seguintes formatos:

- Ficheiros de texto, em formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII), com as coordenadas (geográficas e retangulares), profundidades e incerteza;
- Ficheiros de superfície, em formato CSAR.

Foram também elaborados:

- Ficheiro de Metadados, em formato *Extensible Markup Language* (XML);
- Perfis de VPS, em formato *ASCII Sound Velocity Profile* (ASVP);

<sup>11</sup> A zona envolvente consiste num afloramento rochoso que por motivos de segurança não foi possível completar a cobertura.

<sup>12</sup> Idem.

<sup>13</sup> Sigla em inglês: *Variable Resolution Surface*.

- Base de dados de perfis SVP, em formato SQLite;
- Nuvem de pontos em formato CSAR (*point cloud*).

## 9. Dados estatísticos

### 9.1. Trabalhos em terra

– Início dos trabalhos de campo.....	2023-04-24
– Fim dos trabalhos de campo .....	2023-06-26
– Dias de trabalho no campo .....	62
– Dias de trabalho no gabinete.....	30
– Estações de referência instaladas.....	1
– Pontos reconhecidos.....	2
– Pontos coordenados .....	1
– Dias ocupados nos trabalhos de apoio.....	1

### 9.2. Trabalhos no mar

– Dias de sondagem efetiva .....	42
– Tempo efetivo de sondagem (horas:minutos) .....	203:29
– Tempo total de sondagem (horas:minutos) .....	348:31
– Tempo total de navegação (horas:minutos) .....	379:56
– Tempo médio diário de sondagem (horas:minutos) .....	8:17
– Distância percorrida em fiada (km) .....	2 399,5
– Velocidade média de sondagem (m/s) .....	3,31

### 9.3. Espaço em disco

– Projeto (GB) .....	571
– Produtos finais (GB) .....	10,5

## 10. Diversos

### 10.1. Apoios

Na execução deste LH salienta-se a colaboração logística prestada pelas Capitania do Porto de Ponta Delgada, Comado de Zona Marítima dos Açores e ao POLINATO de Ponta Delgada pelo seu excecional apoio.

Destaca-se ainda o proprietário da embarcação *Scorpion* que tudo fez para apoiar os militares embarcados mantendo sempre um comprometimento determinado com a missão.

## **10.2. Ocorrências**

Na área noroeste da ilha de São Miguel verificou-se a existência de muitas boias sem sinalização e com muito cabo com flutuabilidade positiva à superfície. Foi feito comunicado ao adjunto do Capitão do porto de Ponta Delgada.

A ocorrência com impacto mais significativo para a execução do LH encontra-se descritas no apêndice I.

## **10.3. Limitações**

Durante o período do LH não foram realizados trabalhos de sondagem em 5 dias devido a condições meteo-oceanográficas adversas.

As principais limitações à realização do LH encontram-se descritos no apêndice I.

## **11. Considerações finais**

Consideram-se alcançados os objetivos do LH e cumpridas as especificações determinadas na OE 16/DT/23 e definidas nas IT HI 06/23.

O levantamento foi efetuado em segurança e teve como resultado a cobertura de uma assinalável extensão da plataforma insular da Ilha de São Miguel com dados batimétricos de elevada resolução.

O Hidrógrafo do LH,

O Chefe da Brigada Hidrográfica,

Paulo Renato Teixeira de Carvalho  
Primeiro-tenente  
(original assinado digitalmente)

João Duarte Ventura da Cruz  
Capitão-tenente  
(original assinado digitalmente)

Visto,  
O Chefe da Divisão de Hidrografia,

Visto,  
O Diretor Técnico,

Carlos Rúbrio Videira Marques  
Capitão-de-fragata  
Engenheiro Hidrógrafo  
(original assinado digitalmente)

João Paulo Delgado Vicente  
Capitão-de-mar-e-guerra  
(original assinado digitalmente)



## REFERÊNCIAS

- Direção Geral do Território (DGT), 2023. *Sistemas de Referência*. [Online] Disponível em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia> [Consultado em 02 de março de 2023].
- IH, 2001. CN 46406, *Ilha de São Miguel – (Plano do Portos de Ponta Delgada)*, 1.<sup>a</sup> Edição. Lisboa: IH.
- IH, 2001. CN 47502, *Plano do Portos da ilha de S. Miguel (Vila Franca do Campo, Ribeira Quente, Porto Formoso, Rabo de Peixe e Capelos)*, 1.<sup>a</sup> Edição. Lisboa: IH.
- IH, 2010. Publicação Náutica (PN) 07, *Roteiro da Costa de Portugal – Arquipélago dos Açores*, Volume I – Grupos Oriental e Ocidental, 3.<sup>a</sup> Edição 2010. Lisboa: IH.
- IH, 2017. REL TF HI 14/17, *Levantamentos Topo-hidrográficos Portuários no Arquipélago dos Açores*. Lisboa: IH.
- IH, 2015. REL TF HI 12/15, *Levantamento Topo-hidrográfico do Porto da Vila da Povoação*. Lisboa: IH.
- IH, 2014. REL TF HI 14/14, *Levantamento Topo-Hidrográfico no Ilha de S. Miguel*. Lisboa: IH.
- IH, 2020. PN 35, *Ajudas à Navegação – Lista de Luzes*, Volume I – Portugal, 12.<sup>a</sup> Edição. Lisboa: IH.
- IH, 2022. PN 40, *Tabela de Marés – 2023*, Volume I – Portugal. Lisboa: IH.
- IH, 2023. Base de Dados de PA e MN. Lisboa: IH.
- KM, 2017. *EM 2040C Datasheet*. Noruega: KM.
- KM, 2018. *MRU 5 Datasheet*. Noruega: KM.
- KM, 2018. *MRU 5+ Datasheet*. Noruega: KM.
- KM, 2018. *Seapath 380 Datasheet*. Noruega: KM.
- KM, 2019. *Seapath 130 Datasheet*. Noruega: KM.
- Google Earth, 2023. *Açores – Grupo Oriental*. [Online] Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-PT/earth> [Consultado em 1 de abril de 2023].
- OHI, 2020. Publicação Especial n.º 44 (S-44), *Especificações da OHI para Levantamentos Hidrográficos*, edição 6.1. [Online] Disponível em: [https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44\\_Edition\\_6.1.0.pdf](https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.1.0.pdf) [Consultado em 1 de abril de 2023].
- Trimble, 2018. *Trimble R9s GNSS Receiver Datasheet*. EUA: Trimble.
- Trimble, 2019. *Trimble R2 GNSS Receiver Datasheet*. EUA: Trimble.



## APÊNDICES



**APÊNDICE B**  
**ESQUEMA DA ÁREA SONDADA**



## 1. Área sondada

A área sondada neste levantamento encontra-se ilustrada na figura B-1 (escala de profundidades em metros).

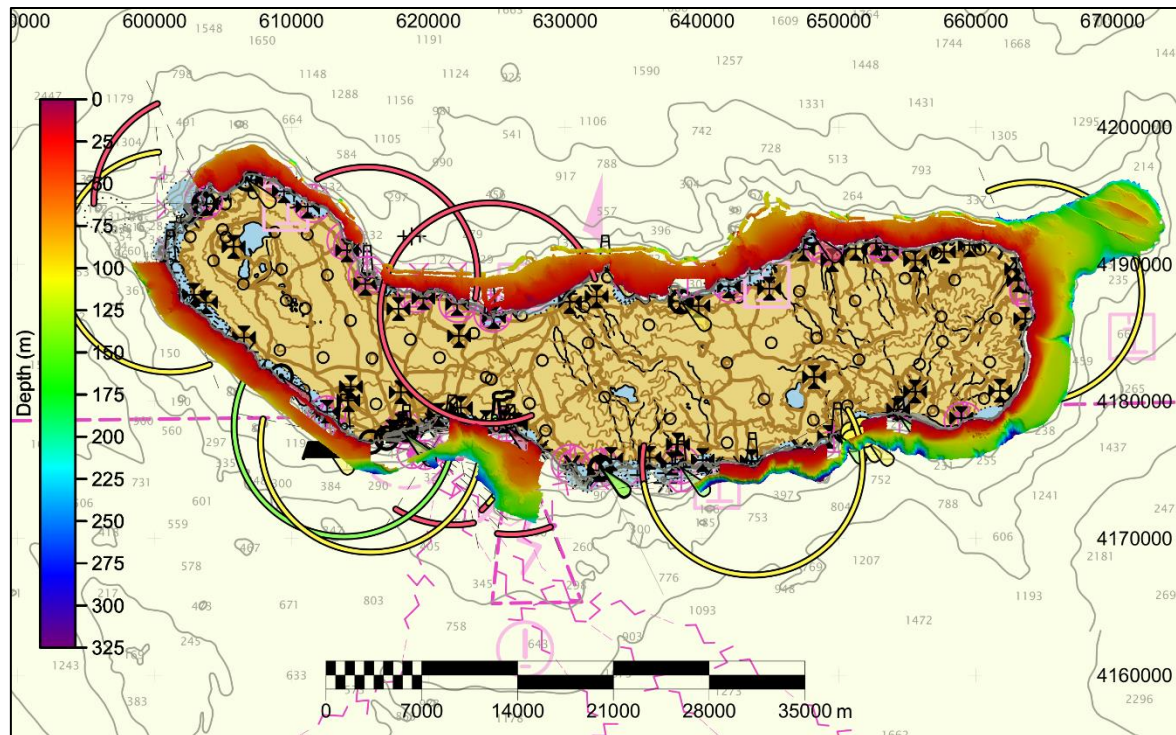


Figura B-1 – Esquema da área sondada na ilha de S. Miguel.





**APÊNDICE C-1**

**RELAÇÃO DE COORDENADAS DOS PONTOS DE APOIO**





# **RELAÇÃO DE COORDENADAS**

O Hidrógrafo do Levantamento,

**Pontos de apoio e hidrográficos** ☒ **Ajudas à navegação** ☐ **Outros** ☐

**Local:** Ilha de S. Miguel

**Relatório:** REL TF HI 06/23 VOL. 1

FPC	Designação	PTRA08-UTM26N/ITRF93				Altitude Elipsoidal (m)	Altitude Ortométrica NMA (m)	Altitude Ortométrica GeodAz2014 (m)	Observações
		Latitude	Longitude	X (m)	Y (m)				
	⊙ REF_Polnato_PD	37° 44' 05,38976" N	025° 41' 16,83677" W	615 605,291	4 177 204,708	99,660	-	42,955	PA3D
X	⊙ IH BH2 11/92	37° 44' 08,15604" N	025° 40' 17,11427" W	617 065,929	4 177 310,586	58,716	1,986	1,978	PA3D
<sup>1</sup>	⊙ IH BH 33/11	-	-	-	-	-	2,139	-	MN

<sup>1</sup> Cota ortométrica obtida por nivelamento geométrico, conforme esquema de nivelamento do REL FT HI 06/23 VOL. 5.



**APÊNDICE H**  
**OBJETOS, OBSTRUÇÕES, ESTRUTURAS RELEVANTES**  
**E PROFUNDIDADES MÍNIMAS**



1. Objetos, obstruções e estruturas relevantes

Existem diversos afloramentos rochosos que não foram totalmente sondados por motivos de segurança ou por se encontrarem no limite da área de sondagem, não tendo sido possível garantir a deteção da sonda mínima.

No LH destacam-se as sondas designadas descritas na tabela H-I e ilustradas nas figuras H-1 a H-7.

Tabela H-I – Sondas designadas na ilha de São Miguel.

ID	Profundidade (m)	X (m)	Y (m)	Latitude (°)	Longitude (°)	Descrição
A	2,888	606 334,32	4 196 577,06	37,9105219	-25,7903566	Afloramento rochoso <sup>1</sup>
B	3,542	627 570,49	4 187 583,72	37,8267596	-25,5504312	Afloramento rochoso
C	2,153	634 248,57	4 188 515,96	37,8342009	-25,4744001	Afloramento rochoso <sup>2</sup>
D	5,876	634 663,45	4 188 331,97	37,8324820	-25,4697211	Afloramento rochoso
E	9,000	640 846,00	4 189 896,91	37,8456478	-25,3991841	Afloramento rochoso
F	3,004	640 709,83	4 188 526,91	37,8333257	-25,4009979	Afloramento rochoso

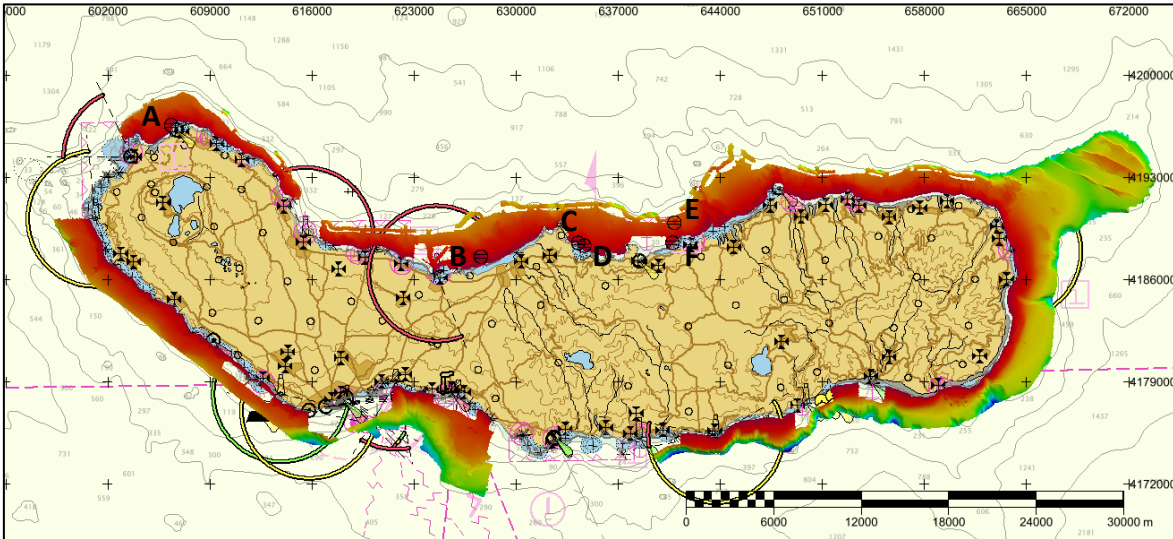
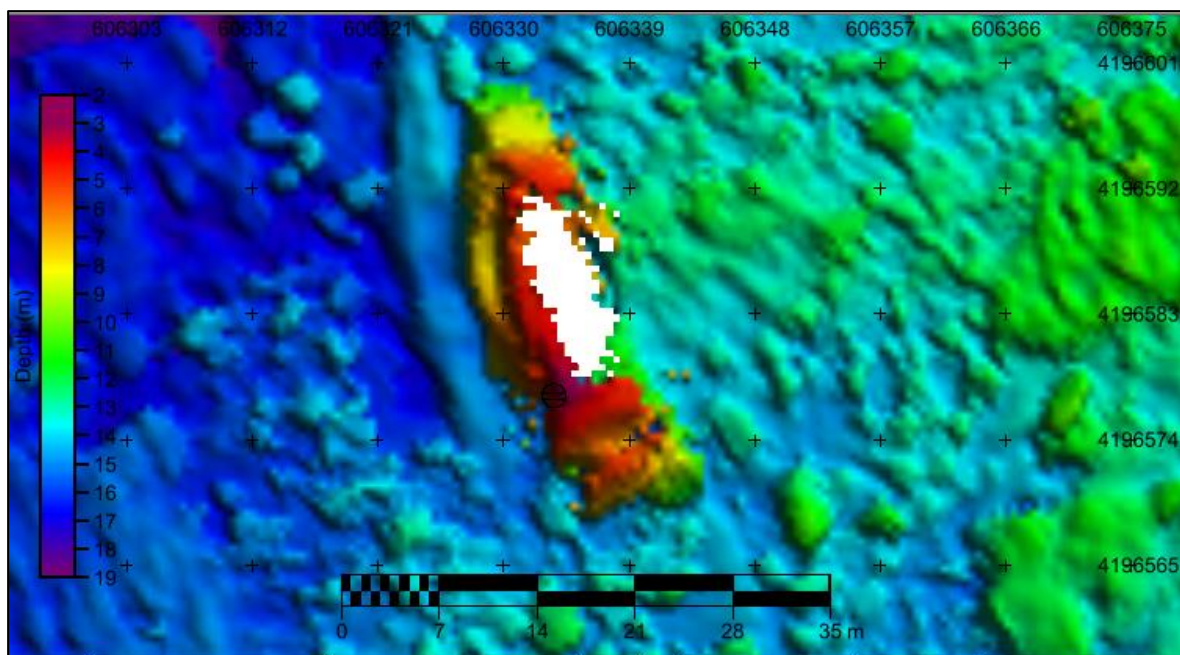
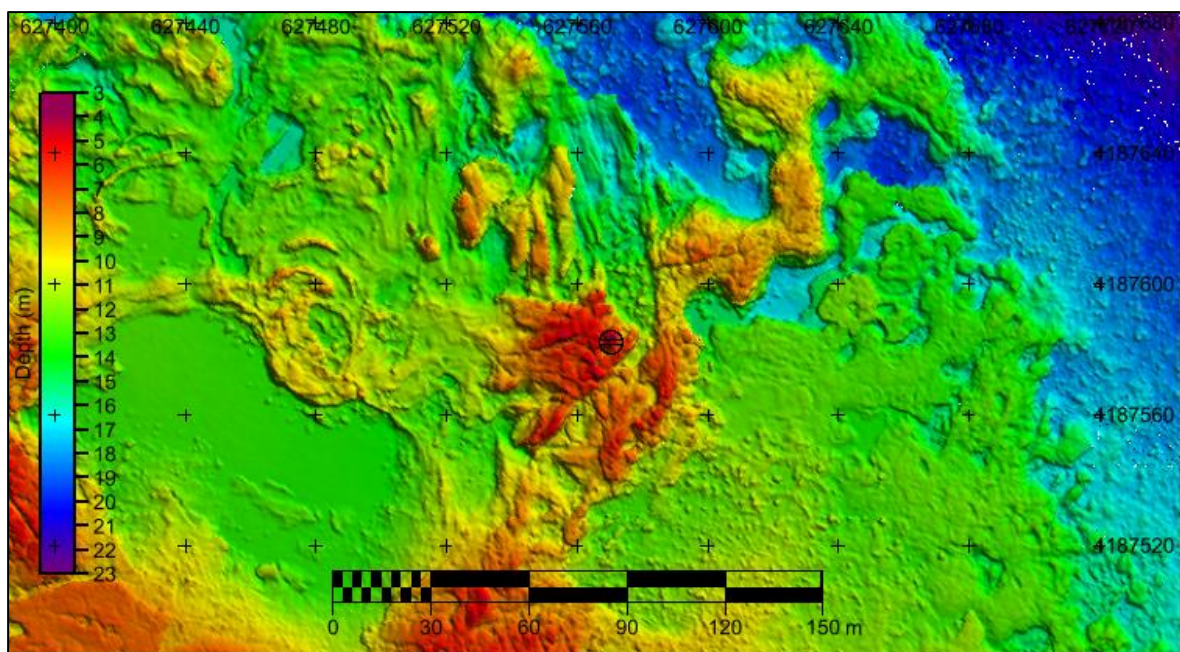


Figura H-1– Objetos, obstruções e estruturas relevantes na ilha de São Miguel.

<sup>1</sup> A zona envolvente consiste num afloramento rochoso que por motivos de segurança não foi possível completar a cobertura.  
<sup>2</sup> Idem.



**Figura H-2**– Detalhe da estrutura rochosa “A” a nordeste da ilha de São Miguel.



**Figura H-3**– Detalhe da estrutura rochosa “B” a norte da ilha de São Miguel.



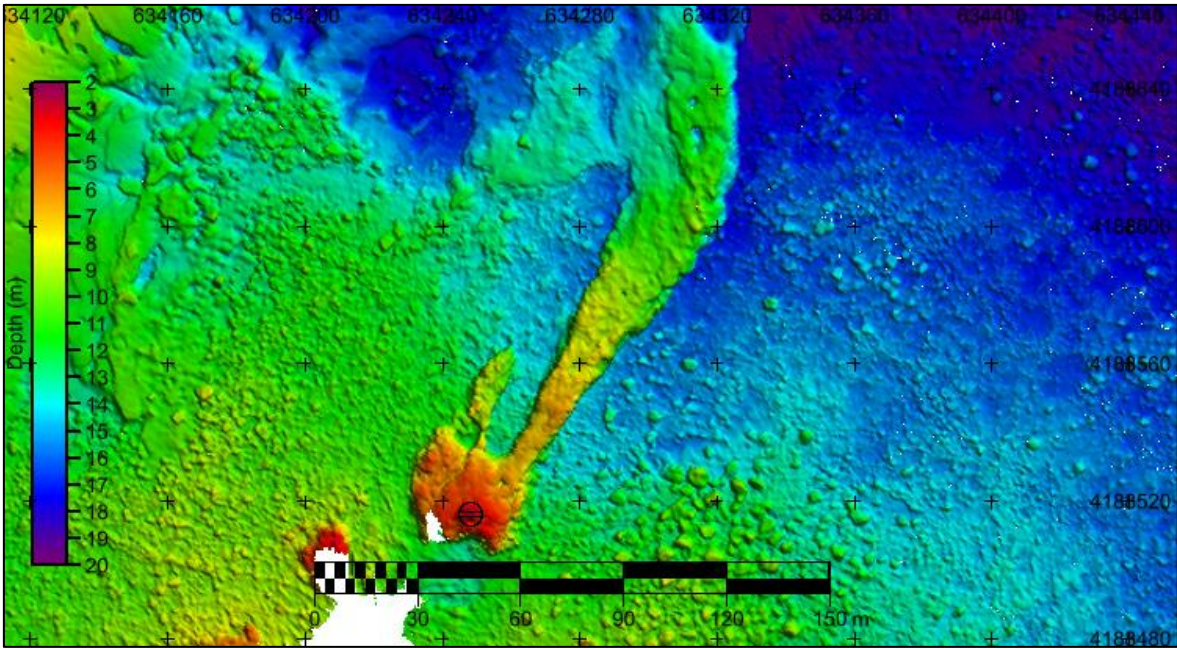


Figura H-4– Detalhe da estrutura rochosa “C” a norte da ilha de São Miguel.

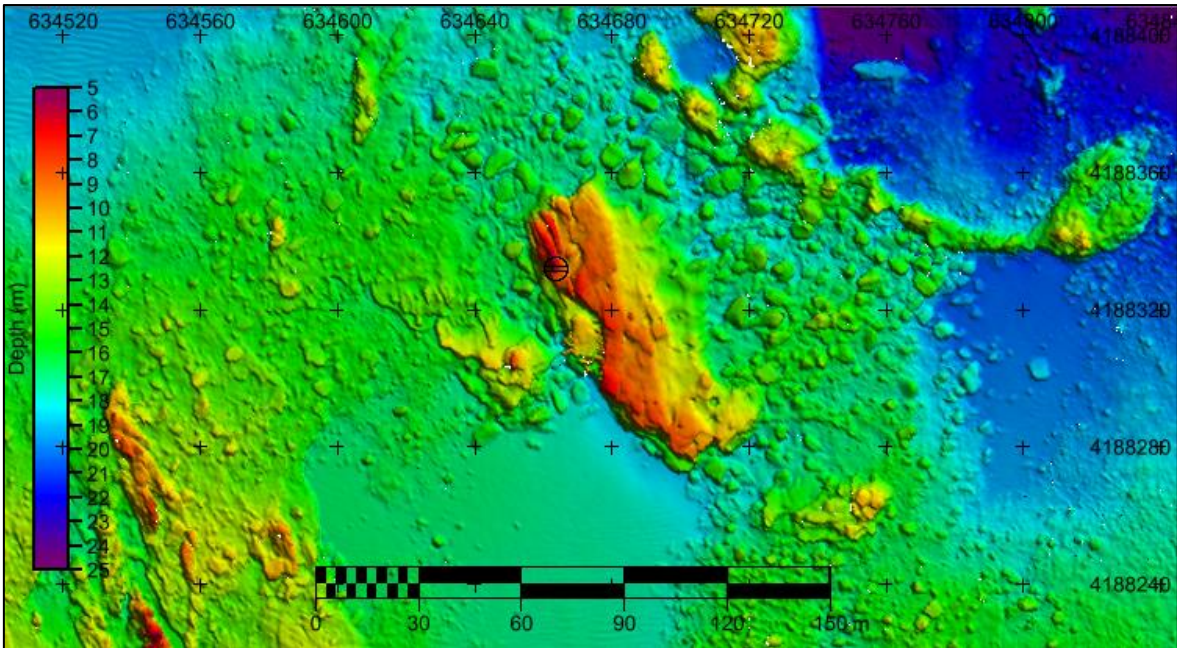
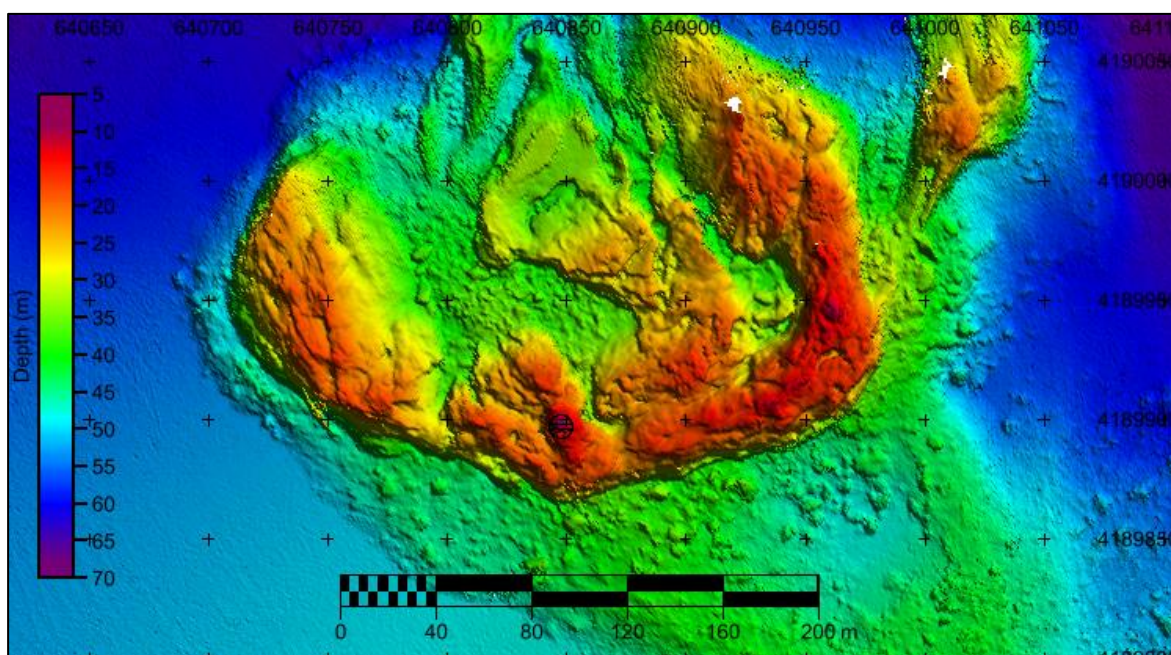
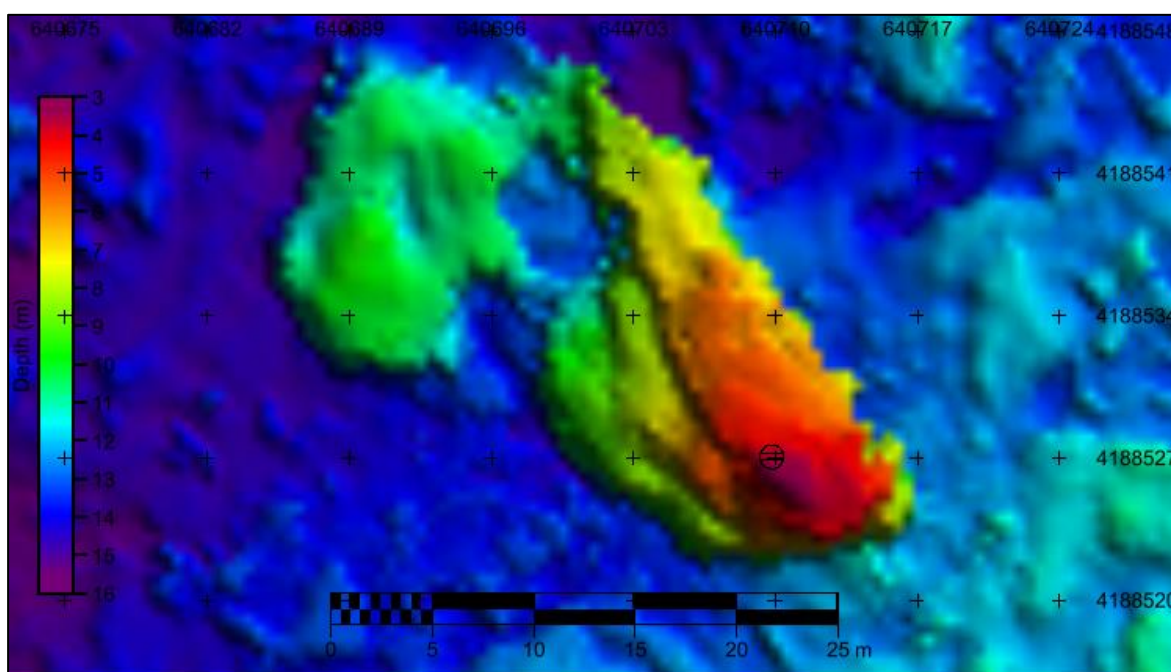


Figura H-5– Detalhe da estrutura rochosa “D” a norte da ilha de São Miguel.





**Figura H-6**– Detalhe da estrutura rochosa “E” a norte da ilha de São Miguel.



**Figura H-7**– Detalhe da estrutura rochosa “F” a norte da ilha de São Miguel.