

**RELATÓRIO TÉCNICO**

**RELATÓRIO DE LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO**

**BAÍA DE SÃO MARCOS E DE SÃO JOSÉ – MA**

**UMI 海SAN RT 110 2021**

**PERÍODO DO LEVANTAMENTO: 25/04/2021 a 10/05/2021**

**AUTORIZAÇÃO: 084/21**

**ENTIDADE CONTRATANTE:**

**EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO  
PORTUÁRIA (EMAP)**  
Av. dos Portugueses,s/n, São Luís – MA - Brasil  
CEP: 65085-370



## RELATÓRIO DE LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO

### BAÍA DE SÃO MARCOS E DE SÃO JOSÉ – MA

UMI海SAN RT 110 21

PP 002 16

Rev	Descrição	Preparado	Verificado	Aprovado	Data
0	Interno	Thiago N	Thiago N	Thiago N	16 de Jun de 2021

## APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados do Levantamento Hidrográfico (correntometria), respaldado pela autorização nº 084 2021 do Centro de Hidrografia da Marinha – CHM (ANEXO 01), de Categoria “B” realizado pela UMI SAN - Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda, para a Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), no estado do Maranhão.



**Thiago Freitas do Nascimento**

Responsável Técnico

**ENTIDADE EXECUTANTE DO LH**

Inscrição CHM nº. 135

UMI SAN – Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda. CNPJ 03.290.647/0001-93

Rodovia do Sol, nº 2200, Praia de Itaparica, Vila Velha –ES - CEP 29.122-250

Fone: (27) 3075-9450

E-mail: umisan@umi.com.br

**EQUIPE TÉCNICA ENVOLVIDA NOS TRABALHOS DE CAMPO E GABINETE****CHEFE DA EQUIPE HIDROGRÁFICA E O RESPECTIVO PERÍODO DE CHEFIA****Áureo A. Manente Filho**

Oceanógrafo

Diretor da Empresa: UMI SAN Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda.

Período: A partir de 01/06/2016.

**EQUIPE TÉCNICA EXECUTANTE DOS TRABALHOS DE CAMPO E GABINETE**

<b>Jéssica Venturini</b> Oceanógrafa, MSc Oceanografia Ambiental	Trabalhos de gabinete
<b>Larissa Neves</b> Oceanógrafa	Trabalhos de gabinete
<b>Lohran</b> Oceanógrafo	Trabalhos de campo
<b>Ivanilson</b> Oceanógrafo	Trabalhos de campo
<b>Thiago Nascimento</b> Oceanógrafo, MSc Engenharia Ambiental	Gerente de Processamento

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO .....	14
METODOLOGIA .....	16
RESULTADOS .....	20
4.1 ADCP CJ-01 .....	21
4.1.1 Sizígia .....	21
4.1.2 Quadratura .....	24
4.1.3 Análise integrada CJ-01: sizígia e quadratura .....	27
4.2 ADCP CJ-03 .....	29
4.2.1 Sizígia .....	29
4.2.2 Quadratura .....	32
4.2.3 Análise integrada CJ-03: sizígia e quadratura .....	35
4.3 ADCP CJ-04 .....	37
4.3.1 Sizígia .....	37
4.3.2 Quadratura .....	40
4.3.3 Análise integrada CJ-04: sizígia e quadratura .....	43
4.4 ADCP PE-01 .....	45
4.4.1 Sizígia .....	45
4.4.2 Quadratura .....	48
4.4.3 Análise integrada PE-01: sizígia e quadratura .....	51
4.5 ADCP PE-02 .....	53
4.5.1 Sizígia .....	53
4.5.2 Quadratura .....	56
4.5.3 Análise integrada PE-02: sizígia e quadratura .....	59
4.6 ADCP PI-C4 .....	61
4.6.1 Sizígia .....	61
4.6.2 Quadratura .....	64
4.6.3 Análise integrada PI-C4: sizígia e quadratura .....	67
4.7 ADCP PI-C6 .....	69
4.7.1 Sizígia .....	69
4.7.2 Quadratura .....	72
4.7.3 Análise integrada PI-C6: sizígia e quadratura .....	75
4.8 ADCP PI-C7 .....	77
4.8.1 Sizígia .....	77

<b>4.8.2</b>	<b>Quadratura.....</b>	<b>80</b>
<b>4.8.3</b>	<b>Análise integrada PI-C6: sizígia e quadratura .....</b>	<b>83</b>
<b>4.9</b>	<b>ADCP PI-C8.....</b>	<b>85</b>
<b>4.9.1</b>	<b>Sizígia.....</b>	<b>85</b>
<b>4.9.2</b>	<b>Quadratura.....</b>	<b>88</b>
<b>4.9.3</b>	<b>Análise integrada PI-C8: sizígia e quadratura .....</b>	<b>91</b>
<b>4.10</b>	<b>ADCP EC-01 .....</b>	<b>93</b>
<b>4.10.1</b>	<b>Sizígia.....</b>	<b>93</b>
<b>4.10.2</b>	<b>Quadratura.....</b>	<b>96</b>
<b>4.10.3</b>	<b>Análise integrada EC-01: sizígia e quadratura .....</b>	<b>99</b>
<b>4.11</b>	<b>ADCP SJ-01.....</b>	<b>101</b>
<b>4.11.1</b>	<b>Sizígia.....</b>	<b>101</b>
<b>4.11.2</b>	<b>Quadratura.....</b>	<b>104</b>
<b>4.11.3</b>	<b>Análise integrada SJ-01: sizígia e quadratura.....</b>	<b>107</b>
<b>4.12</b>	<b>ADCP SJ-02.....</b>	<b>109</b>
<b>4.12.1</b>	<b>Sizígia.....</b>	<b>109</b>
<b>4.12.2</b>	<b>Quadratura.....</b>	<b>112</b>
<b>4.12.3</b>	<b>Análise integrada SJ-02: sizígia e quadratura.....</b>	<b>115</b>
<b>4.13</b>	<b>ADCP SJ-03.....</b>	<b>117</b>
<b>4.13.1</b>	<b>Sizígia.....</b>	<b>117</b>
<b>4.13.2</b>	<b>Quadratura.....</b>	<b>120</b>
<b>4.13.3</b>	<b>Análise integrada SJ-03: sizígia e quadratura.....</b>	<b>123</b>
	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>125</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>128</b>

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Batimetria da baía de São José. Fonte: Coutinho e Morais (1976).....	16
Figura 2: Localização dos pontos de levantamento com ADCP. Em cada ponto foram realizados levantamentos correntométricos durante momentos de enchente e vazante da maré, tanto em período de sizígia quanto de quadratura. ....	17
Figura 3: Estrutura utilizada para estabilização do ADCP.....	19
Figura 4: Calibração de campo realizada com os ADCPs para compensar as influências magnéticas locais.....	19
Figura 5: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP CJ-01.....	22
Figura 6: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em preto, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.....	22
Figura 7: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-01. ....	23
Figura 8: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-01.....	25
Figura 9: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em preto, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui. ....	25
Figura 10: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-01.....	26
Figura 11: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP CJ-01.....	28
Figura 12: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.....	30
Figura 13: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.....	30
Figura 14: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.....	31
Figura 15: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.....	33
Figura 16: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.....	33
Figura 17: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.....	34
Figura 18: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP CJ-03.....	36
Figura 19: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP CJ-04.....	38
Figura 20: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-04. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN	

para o Terminal de Ponta da Madeira .....	38
Figura 21: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-04. ....	39
Figura 22: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-04.....	41
Figura 23: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-04. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	41
Figura 24: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-04.....	42
Figura 25: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP CJ-04.....	44
Figura 26: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PE-01. ....	46
Figura 27: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	46
Figura 28: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-01. ....	47
Figura 29: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PE-01. ....	49
Figura 30: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.....	49
Figura 31: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-01. ....	50
Figura 32: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PE-01.....	52
Figura 33: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PE-02. ....	54
Figura 34: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	54
Figura 35: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-02. ....	55
Figura 36: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PE-02. ....	57
Figura 37: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	57
Figura 38: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-02. ....	58
Figura 39: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PE-02.....	60
Figura 40: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta	

de sizígia do ADCP PI-C4. ....	62
Figura 41: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C4. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	62
Figura 42: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C4. ....	63
Figura 43: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C4. ....	65
Figura 44: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C4. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	65
Figura 45: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C4. ....	66
Figura 46: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C4. ....	68
Figura 47: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6. ....	70
Figura 48: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	70
Figura 49: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6. ....	71
Figura 50: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C6. ....	73
Figura 51: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C6. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	73
Figura 52: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C6. ....	74
Figura 53: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C6. ....	76
Figura 54: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C7. ....	78
Figura 55: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C7. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	78
Figura 56: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C7. ....	79
Figura 57: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C7. ....	81
Figura 58: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C7. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	81
Figura 59: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C7. ....	82

Figura 60: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C7. ....	84
Figura 61: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C8. ....	86
Figura 62: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C8. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	86
Figura 63: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C8. ....	87
Figura 64: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C8. ....	89
Figura 65: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C8. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	89
Figura 66: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C8. ....	90
Figura 67: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C6. ....	92
Figura 68: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6. ....	94
Figura 69: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP EC-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	94
Figura 70: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP EC-01. ....	95
Figura 71: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP EC-01. ....	97
Figura 72: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP EC-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	97
Figura 73: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP EC-01. ....	98
Figura 74: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP EC-01. ....	100
Figura 75: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP SJ-01. ....	102
Figura 76: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira. ....	102
Figura 77: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-01. ....	103
Figura 78: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP SJ-01. ....	105
Figura 79: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do SJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o	

Terminal de Ponta da Madeira .....	105
Figura 80: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-01 .....	106
Figura 81: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP SJ-01 .....	108
Figura 82: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP SJ-02 .....	110
Figura 83: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira .....	110
Figura 84: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-02 .....	111
Figura 85: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP SJ-02 .....	113
Figura 86: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira .....	113
Figura 87: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-02 .....	114
Figura 88: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP SJ-02 .....	116
Figura 89: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP SJ-03 .....	118
Figura 90: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira .....	118
Figura 91: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-03 .....	119
Figura 92: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP SJ-03 .....	121
Figura 93: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira .....	121
Figura 94: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-03 .....	122
Figura 95: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP SJ-03 .....	124

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Período de levantamento realizado em cada ponto de coleta.....	20
Tabela 2: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-01 durante o período de sizígia. ....	21
Tabela 3: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP CJ-01 no período de quadratura. ....	24
Tabela 4: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP CJ-03 no período de sizígia. ....	29
Tabela 5: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-03 durante o período de quadratura. ....	32
Tabela 6: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-04 durante o período de sizígia. ....	37
Tabela 7: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-04 durante o período de quadratura. ....	40
Tabela 8: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PE-01 durante o período de sizígia. ....	45
Tabela 9: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PE-01 durante o período de quadratura. ....	48
Tabela 10: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PE-02 durante o período de sizígia. ....	53
Tabela 11: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PE-02 no período de quadratura. ....	56
Tabela 12: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C4 durante o período de sizígia. ....	61
Tabela 13: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C4 no período de quadratura. ....	64
Tabela 14: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C6 durante o período de sizígia. ....	69
Tabela 15: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C6 no período de quadratura. ....	72
Tabela 16: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C7 durante o período de sizígia. ....	77
Tabela 17: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C7 no período de quadratura. ....	80
Tabela 18: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C8 durante o período de sizígia. ....	85
Tabela 19: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C8 no período de quadratura. ....	88
Tabela 20: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta EC-01 durante o período de sizígia. ....	93
Tabela 21: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP EC-01 no período de quadratura. ....	96
Tabela 22: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta SJ-01	

durante o período de sizígia.....	101
Tabela 23: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP SJ-01 no período de quadratura.....	104
Tabela 24: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta SJ-02 durante o período de sizígia.....	109
Tabela 25: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP SJ-02 no período de quadratura.....	112
Tabela 26: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta SJ-03 durante o período de sizígia.....	117
Tabela 27: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP SJ-03 no período de quadratura.....	120

## 1. INTRODUÇÃO

A UMI SAN - Serviços de apoio a Navegação e Engenharia Ltda realizou um Levantamento Hidrográfico (Correntometria) - Categoria B, Baía de São Marcos, São Luís - MA, conforme a PP 002 16, para fins de caracterização das correntes dos locais de coleta.

No presente documento estão apresentados os aspectos técnicos dos seguintes serviços executados no período de 25 de abril de 2021 a 16 de junho de 2021:

- Planejamento do Levantamento Hidrográfico (LH);
- Mobilização de embarcação, sistema e equipe;
- Levantamento Correntométrico em Quadratura;
- Levantamento Correntométrico em Sizígia;
- Processamento dos dados;
- Elaboração do relatório técnico.

## 2. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O Levantamento correntométrico foi realizado na baía de São Marcos, com medições realizadas na região marinha adjacente ao Porto do Itaqui, Ponta da Espera e Área de Fundeio.

A baía de São Marcos e faz parte do Golfão Maranhense, o qual se destaca como principal recorte na linha de costa do estado do Maranhão, formado basicamente pelas duas baías, separadas pela Ilha do Maranhão (Ilha de São Luís).

A baía de São Marcos compreende um complexo sistema estuarino, abrangendo baías, estuários, estreitos, igarapés, enseadas, ilhas, falésias, pontais rochosos, manguezais, dunas, planícies de maré e praias quartzozas (MOCHEL *et al.*, 2004).

A região da baía de São Marcos é caracterizada pela ocorrência de macromarés (4-6 m) semidiurnas (período de 12.4h), onde a média das preamares (baixa-mares) de sizígia – MHWS (MLWS) - alcançaram alturas de 6.3 (0.6) m acima do NR local em Itaqui, 6.0 (0.6) m em Ponta da Madeira e 6.1 (0.6) m em Alumar, enquanto na quadratura – MHWN (MLWN) - foram de 5.0 (1.8) m em Itaqui, 4.8 (1.7) m em Ponta da Madeira e 5.0 (1.8) m em Alumar, conforme consta nos dados das estações maregráficas da região (FEMAR, 2017). Assim, constata-se que as amplitudes médias de maré na Baía de São Marcos variam em torno de 3 m na

quadratura e 5.5 m na sizígia.

O regime de macromarés, da baía de São Marcos é responsável pela formação de correntes de maré que exercem trabalho decisivo na morfodinâmica litorânea, determinando as formas de deposição de sedimentos nos ciclos de enchente e vazante.

Na região do Golfão Maranhense são observadas velocidades de corrente de maré de até 3.8 m/s a partir das cartas de correntes do local (CHM, 2004), onde a maior velocidade ocorreu durante um momento de vazante de sizígia (4h depois da preamar de São Luís) na região da foz da baía de São Marcos. No interior das baías do Golfão tende a ocorrer velocidades maiores que na região oceânica adjacente em função do aumento da amplitude da maré, conforme constatado por Pereira e Harari (1995) para as baías de São Marcos. Os resultados desses autores indicam correntes maiores que 1.5 m/s na região do canal principal da baía, o qual exerce grande influência nas correntes de maré, sendo as maiores velocidades obtidas durante a vazante e com as direções alinhadas com o canal principal (SO-NE).

O canal principal da Baía de São Marcos está orientado no sentido SO-NE desde a foz da baía até a Ilha dos caranguejos, onde a baía bifurca. As maiores profundidades da baía ocorrem na região central da baía entre as cidades de São Luís e Alcântara, alcançando valores de até 97 m abaixo do nível de redução (NR, CN 410).

O estado do Maranhão apresenta clima tropical megatérmico, com período chuvoso entre janeiro e julho, concentrando mais de 90% do total anual precipitado e um período seco entre agosto e dezembro, caracterizado por deficiências hídricas (RIBEIRO Jr, 2005).

Em relação ao regime dos ventos, predominam as direções de NE e E, a primeira predominante no período de setembro a março e a segunda entre abril e agosto. Segundo a escala de Beaufort, predominam os ventos classificados como moderados, de velocidade média 6 m/s que podem atingir 12.5 m/s nos períodos mais secos (UFMA, 2009).

Segundo os resultados obtidos por Pereira e Harari (1995), em condições meteorológicas típicas a circulação estuarina na baía de São Marcos é basicamente forçada pelos efeitos da maré astronômica, com a contribuição meteorológica não chegando a atingir 0.2% da circulação total, o que não é necessariamente o esperado em períodos de condições atípicas de vento e pressão no local.

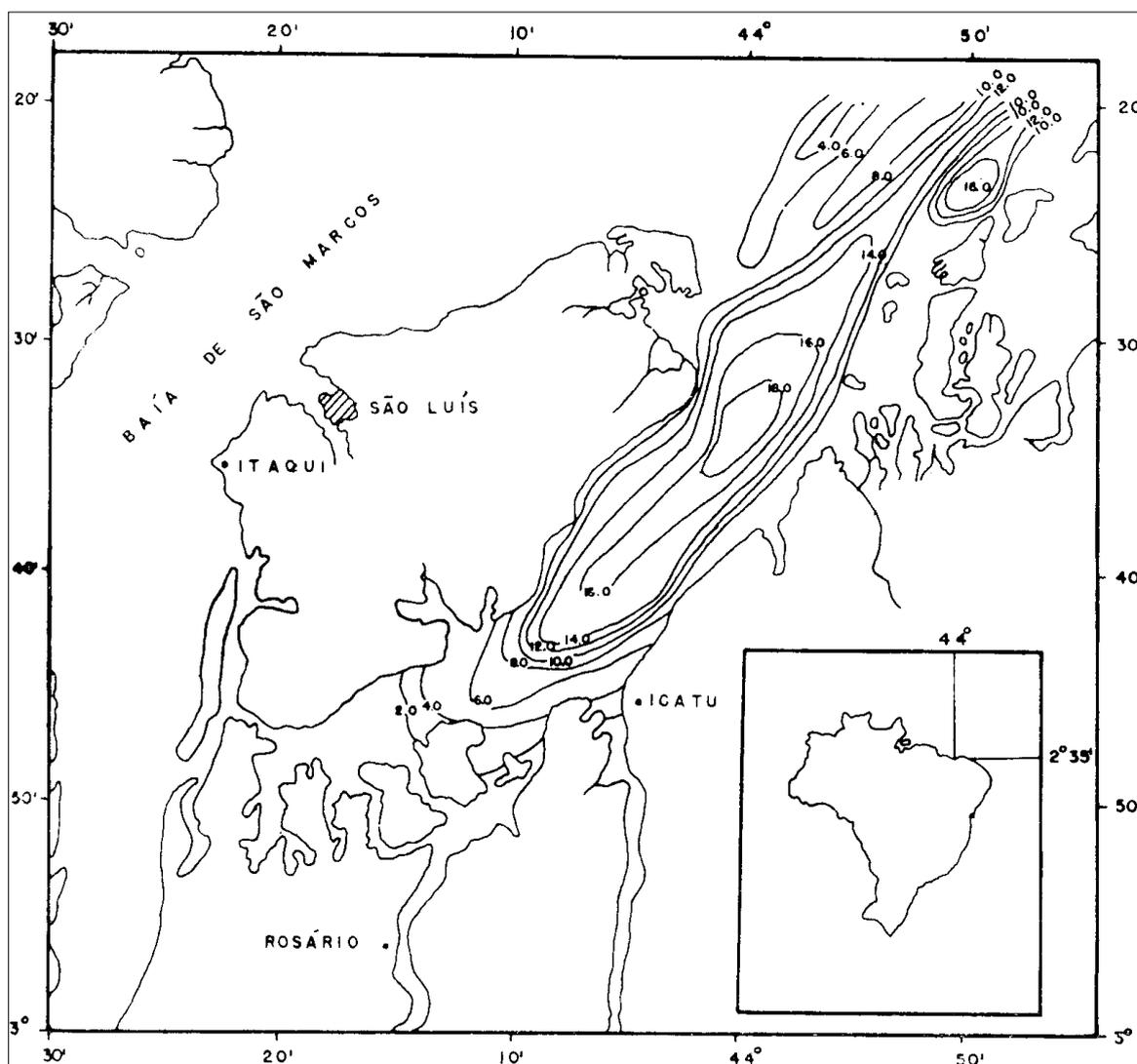


Figura 1: Batimetria da baía de São José. Fonte: Coutinho e Morais (1976).

### 3. METODOLOGIA

A coleta dos dados de velocidade e direção das correntes foi realizada a partir da aquisição de dados com ADCP, o qual permanece em uma posição fixa no local de coleta com o barco fundeado, as movimentações do barco devem ocorrer apenas em função do giro da popa do barco ao longo do ciclo de enchente e vazante da maré.

Nas aquisições realizadas com o barco fundeado, os dados de velocidade e direção das correntes foram medidos em 13 locais distintos (Figura 2), em amostragens realizadas com o objetivo de englobar cerca de 13h de levantamento, compreendendo um ciclo completo de maré semi-diurna (12.4h), de forma a se registrar as velocidades ao longo de ao menos um intervalo de vazante e um de enchente. Essa amostragem foi realizada duas vezes em cada ponto, uma em período de sizígia e outra em período de quadratura. Os

pontos de fundeio foram distribuídos da seguinte forma: 10 pontos nas proximidades da Baía de São Marcos (CJ-01, CJ-03, CJ-04, PE-01, PE-02, PI-C4, PI-C6, PI-C7, PI-C8 e EC-01) e 3 pontos na Baía de São José (SJ-01, SJ-02, SJ-03). Devido às variações morfológicas no local e pela presença de um banco de areia o ponto de coleta teve que ser deslocado com o intuito de representar melhor as velocidades de corrente, conforme apresentado pela Figura 2.



Figura 2: Localização dos pontos de levantamento com ADCP. Em cada ponto foram realizados levantamentos correntométricos durante momentos de enchente e vazante da maré, tanto em período de sizígia quanto de quadratura.

O Acoustic Doppler Current Profile (ADCP) é amplamente utilizado para medir a velocidade das correntes ao longo da coluna d'água e fundamenta-se no efeito Doppler, no qual o equipamento emite pulsos acústicos (*beams*) com frequências conhecidas a partir de quatro transdutores. A diferença entre a frequência dos sons emitidos pelos sensores e refletidos pelo plâncton, bolhas e pequenas partículas de sedimento em suspensão é proporcional à velocidade relativa entre o equipamento e essas partículas presentes na água. Como as partículas refletoras de pequena dimensão tendem a se mover junto com a água, a velocidade e a direção do escoamento ao longo da coluna d'água é determinada pela combinação dos dados dos quatro *beams* e o conhecimento da orientação relativa dos transdutores.

A velocidade registrada pelo ADCP é medida em múltiplas áreas na vertical (*bin*), sendo obtido um perfil vertical (*ensemble*) de velocidade ao longo da profundidade. Devido à interferência acústica e possíveis velocidades inválidas criadas pelo próprio ADCP, o topo e o fundo da coluna de água não podem ser medidos apropriadamente, sendo muitas vezes estimados. A espessura destas camadas não medidas depende da profundidade do ADCP na coluna de água, da frequência do ADCP e da forma como o ADCP foi programado para a aquisição dos dados. A interferência do fundo nos dados adquiridos pelo ADCP começa em torno de 85% da profundidade para um *beam* com ângulo de 30°(FIRING; HUMMON, 2010).

Para os levantamentos realizados foi utilizado o ADCP RDI modelo WorkHorse Sentinel (600 kHz), que foi acoplado a uma estrutura (Figura 3) e fixado na lateral de uma embarcação de apoio que permaneceu ancorada ao longo de todo período de coleta de dados correntométricos. Dessa forma, o ADCP permaneceu com os sensores voltados para baixo, medindo a magnitude e direção da corrente na coluna d'água. Os dados são apresentados em intervalos de 10 min e em células de 0.5 m.

Com base nos dados correntométricos registrados é calculada a série de elevação da coluna d'água no ponto de medição (aquisições com barco fundeado), a qual é estimada com base na variação da profundidade abaixo do ADCP ao longo do levantamento. Quando não há movimentação da embarcação em relação ao fundo nem do fundo em relação à embarcação (carga de leito), a profundidade abaixo do sensor varia apenas em função da maré. No entanto, as profundidades locais são extraídas da detecção do fundo e, portanto, podem variar também em função de uma movimentação eventual da embarcação, por exemplo, em função da virada da maré ou manobra de navios no porto, da variação do leito devido ao transporte de sedimentos como carga de fundo ou ainda devido à interferência do fundo nos dados de correntes registrados (FIRING; HUMMON, 2010). Esses eventos podem resultar em uma variação da profundidade medida abaixo do ADCP que não é ocasionada pela maré, resultando em uma distorção da curva de maré obtida nesse tipo de aquisição.



Figura 3: Estrutura utilizada para estabilização do ADCP.

Antes do início do levantamento, a bússola interna do ADCP foi calibrada a partir da realização de um giro completo em torno de si, de modo a compensar as interferências eletromagnéticas do ambiente próximo ao ponto de coleta de dados (Figura 4). A declinação magnética para a região de levantamento correntométrico, de  $-20^{\circ}47'$ , foi obtida a partir do programa GeoMag, utilizando o modelo *World Magnetic Model 2015* (WMM2015, CHULLIAT *et al.*, 2015) e considerada durante o processamento dos dados.



Figura 4: Calibração de campo realizada com os ADCPs para compensar as influências magnéticas locais.

## 4. RESULTADOS

Nas seções a seguir serão apresentados os resultados obtidos a partir das medições realizadas nos treze (13) pontos de coleta realizados com o barco fundeado ao longo de períodos em torno de 13h: CJ-01, CJ-03, CJ-04, PE-01, PE-02, PI-C4, PI-C6, PI-C7, PI-C8, EC-01, SJ-01, SJ-02 e SJ-03, respectivamente. O período de levantamento realizado em cada ponto se encontra na Tabela 1 e os dados brutos e processados se encontram no APÊNDICE C. A Tabela 1 resume os períodos de levantamento realizado em cada ponto de coleta realizado com o barco fundeado.

Tabela 1: Período de levantamento realizado em cada ponto de coleta.

Ponto	SIZÍGIA			QUADRATURA		
	Início da Coleta (UTC)	Fim da Coleta (UTC)	Tempo de Coleta (h)	Início da Coleta (UTC)	Fim da Coleta (UTC)	Tempo de Coleta (h)
CJ-01	29/04/2021 10:25	30/04/2021 1:03	14:38	07/05/2021 12:33	08/05/2021 2:34	14:01
CJ-03	29/04/2021 11:17	30/04/2021 1:08	13:51	06/05/2021 23:55	07/05/2021 14:02	14:07
CJ-04	30/04/2021 3:59	30/04/2021 19:41	15:42	07/05/2021 18:31	08/05/2021 8:39	14:08
PE-01	27/04/2021 19:01	28/04/2021 11:58	16:57	05/05/2021 9:58	06/05/2021 1:16	15:18
PE-02	28/04/2021 11:49	29/04/2021 6:31	18:42	06/05/2021 18:05	07/05/2021 8:01	13:56
PI-C4	26/04/2021 18:49	27/04/2021 11:27	16:38	04/05/2021 13:14	05/05/2021 6:33	17:19
PI-C6	26/04/2021 17:20	27/04/2021 11:11	17:51	04/05/2021 12:09	05/05/2021 6:10	18:01
PI-C7	27/04/2021 14:37	28/04/2021 5:52	17:51	05/05/2021 9:40	05/05/2021 23:31	13:51
PI-C8	25/04/2021 20:30	26/04/2021 13:21	16:51	03/05/2021 20:36	04/05/2021 11:01	14:25
EC-01	25/04/2021 19:31	26/04/2021 13:05	17:34	03/05/2021 14:15	04/05/2021 4:32	14:17
SJ-01	01/05/2021 17:45	02/05/2021 8:57	15:12	09/05/2021 0:37	09/05/2021 15:49	15:12
SJ-02	01/05/2021 19:15	02/05/2021 9:28	14:13	09/05/2021 1:51	09/05/2021 15:52	14:01
SJ-03	02/05/2021 12:43	03/05/2021 4:58	16:15	09/05/2021 19:44	10/05/2021 8:59	13:15

## 4.1 ADCP CJ-01

### 4.1.1 Sizígia

O levantamento teve início 29/04/2021 10:25 (UTC) e se estendeu até 30/04/2021 1:03 (UTC), totalizando cerca de 14,5 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.60 m/s na região logo abaixo da superfície, após 3,3h de coleta, a 2,0 m de 7,5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima de 0.0009 m/s foi registrada durante o período de baixa-mar. A

Tabela 2 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta CJ-01 durante o período de sizígia.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 3 e 4 horas de coleta (Figura 5), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.5 m/s. As maiores velocidades ocorreram na região superficial da coluna de água (máximo de 1.6 m/s), reduzindo pouco no sentido do meio da coluna d'água e do fundo (máximo de 1.4 m/s), como se observa na Figura 7 e Figura 11.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 9 e 12 horas de coleta, onde o máximo registrado foi de aproximadamente 1,5 m/s, o que representa uma redução de 6% (0.1 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 7), com direções de vazante entre E-NE e de enchente variou em torno de O, seguindo o alinhamento da saída do rio Aurá para a Baía de Marcos. A partir da Figura 5 e da Figura 6, não fica evidente a predominância das correntes de vazante ou enchente no período de levantamento.

Tabela 2: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-01 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1,60	0,0009
Direção	71,9	120,6
Período	Vazante	Baixa-mar
Hora de coleta	3,3	8,1
Data (UTC)	29/04/2020 16:46	29/04/2021 21:37
Profundidade (m) da medida	2,0	3,0
Profundidade da coluna de água (m)	7,5	3,0

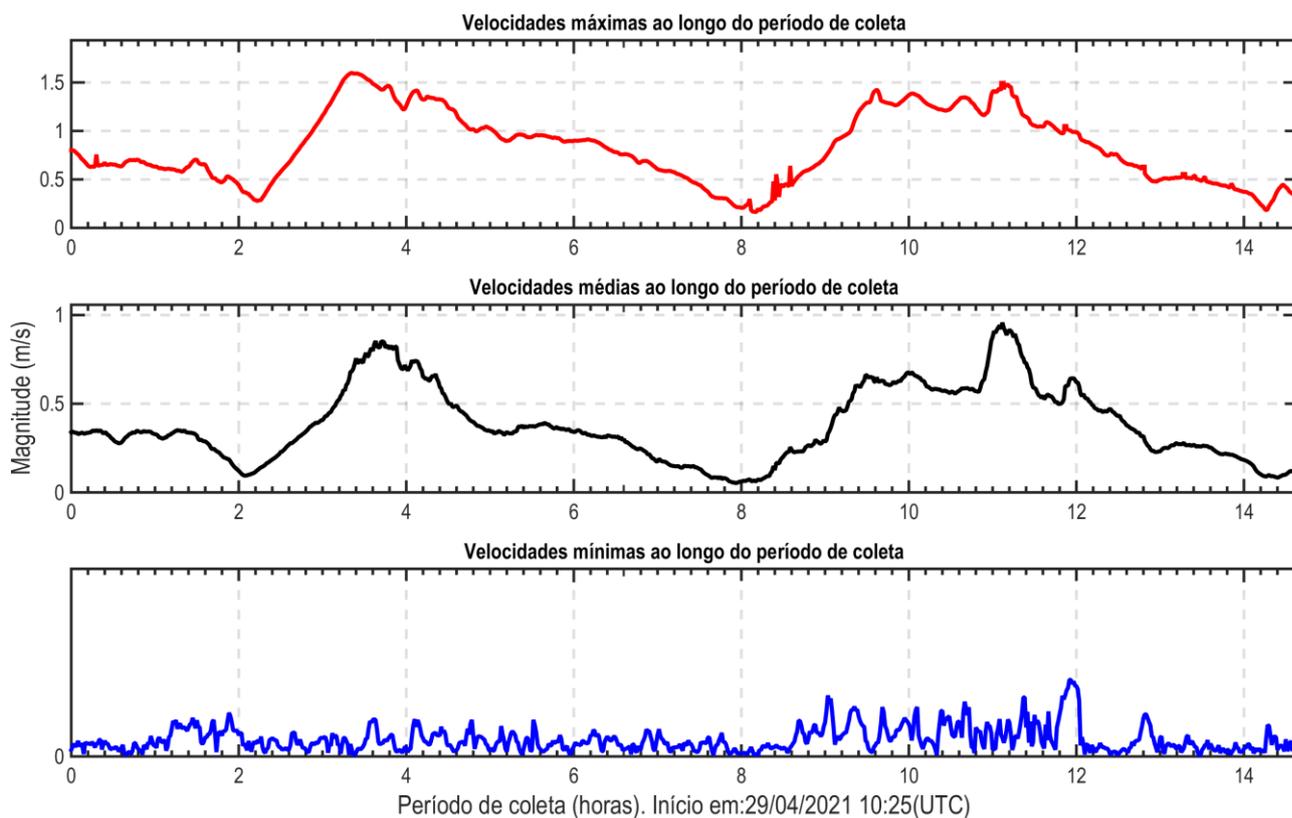


Figura 5: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP CJ-01.

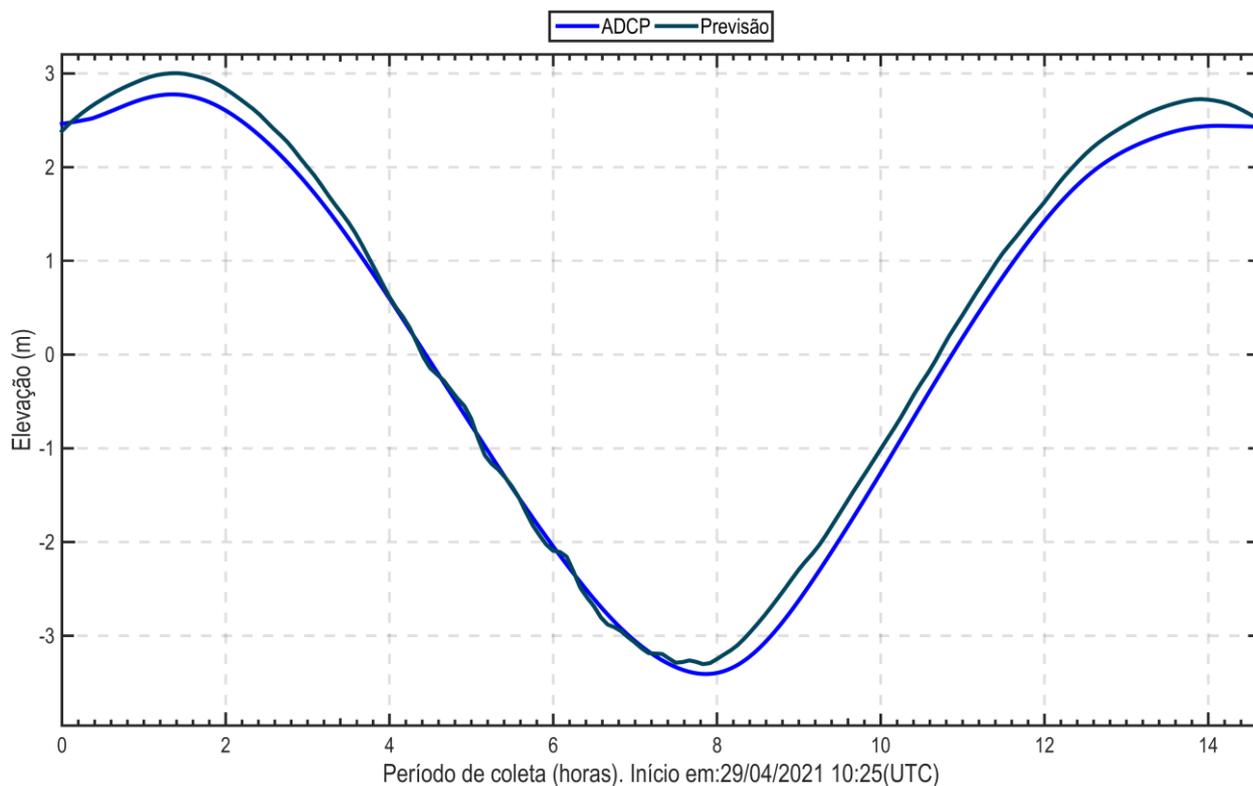


Figura 6: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em preto, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.

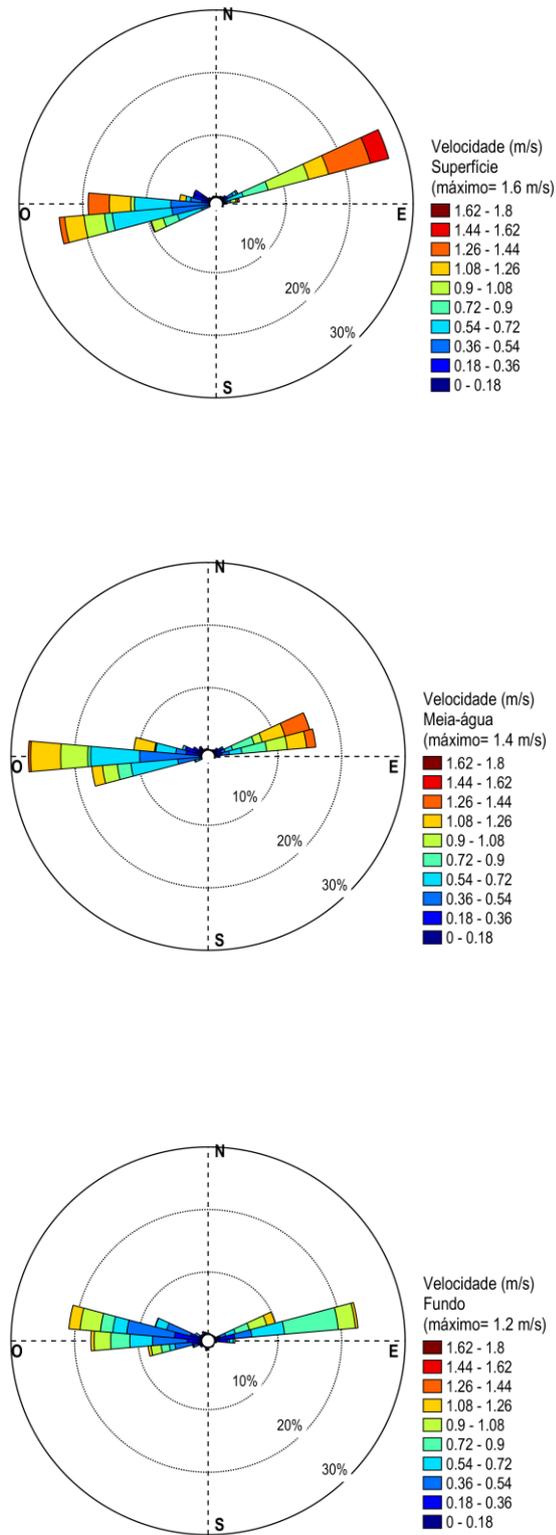


Figura 7: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-01.

#### 4.1.2 Quadratura

O levantamento teve início 07/05/2021 12:33 (UTC) e se estendeu até 08/05/2021 2:34 (UTC), totalizando 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 0,89 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2,6 m de 6,2 m de profundidade, durante o meio da enchente, enquanto a mínima registrada foi de 0.01 m/s, medida durante o estofa da baixamar (Figura 11).

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de enchente, entre 4 e 6 horas de coleta (Figura 8, Figura 9), quando as maiores velocidades variaram em torno de 0,8 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 10) com direções de vazante entre NE e E e de enchente em torno de O e SO, seguindo o alinhamento da saída do rio Aurá para a Baía de Marcos.

Ao longo do período de vazante, as máximas velocidades variaram em torno de 0.6 m/s entre 9 h e 11 h, com um máximo de 0.75 m/s (Figura 8, Figura 9). Houve uma redução entorno de 15% (0.15 m/s) nas velocidades máximas observadas na vazante quando comparado à maré enchente.

A Tabela 3 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta CJ-01 durante o período de quadratura.

Tabela 3: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP CJ-01 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
<b>Magnitude (m/s)</b>	0,89	0,01
<b>Direção</b>	141,8	108,3
<b>Período</b>	meio da enchente	baixamar
<b>Hora de coleta</b>	4,4	1,3
<b>Data (UTC)</b>	07/05/2021 17:11	07/05/2021 13:57
<b>Profundidade (m) da medida</b>	2,6	3,1
<b>Profundidade da coluna de água (m)</b>	6,2	3,6

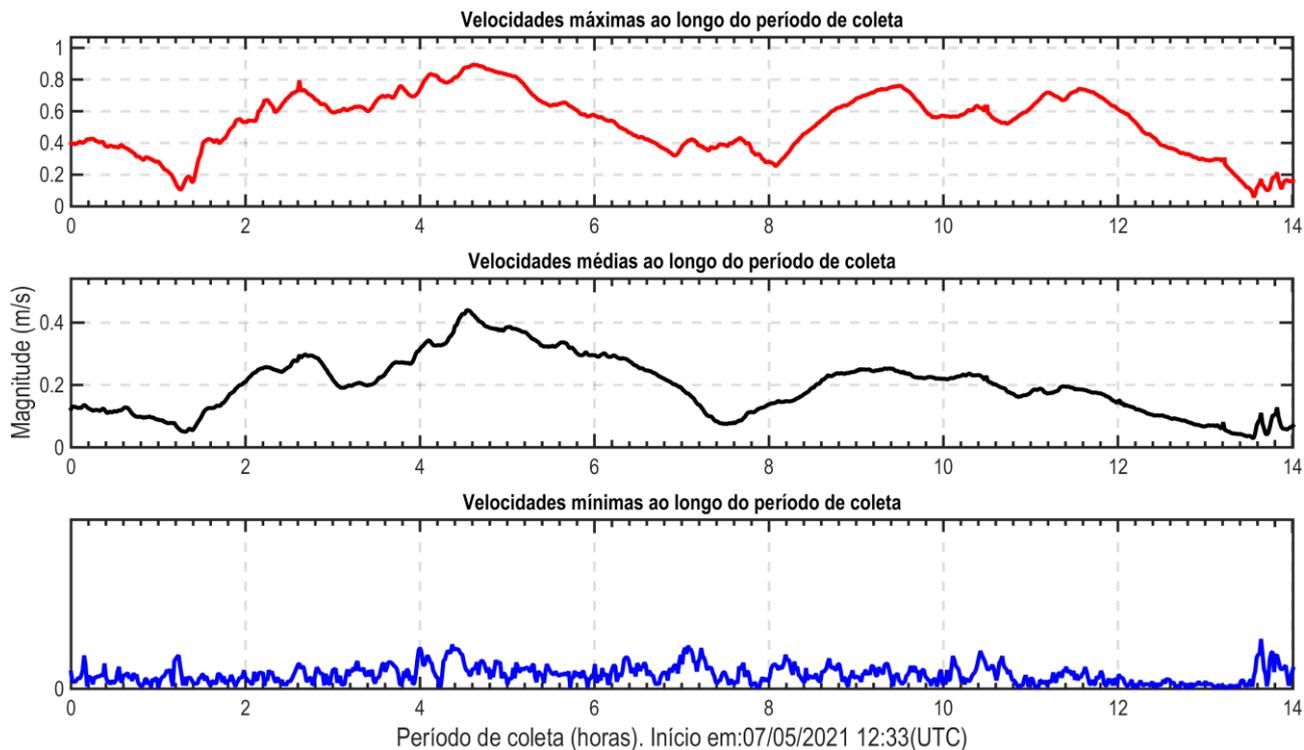


Figura 8: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-01.

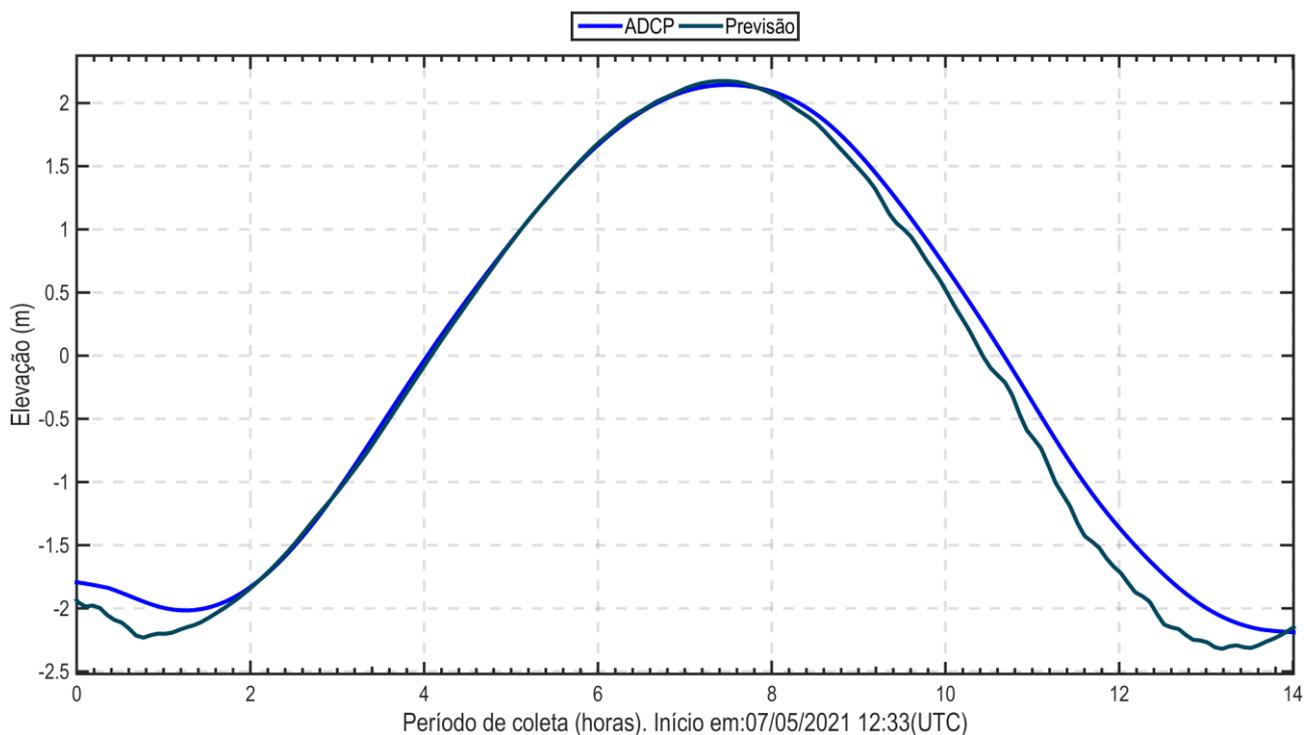


Figura 9: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em preto, dado de previsão de maré do DNH para o Porto do Itaqui.

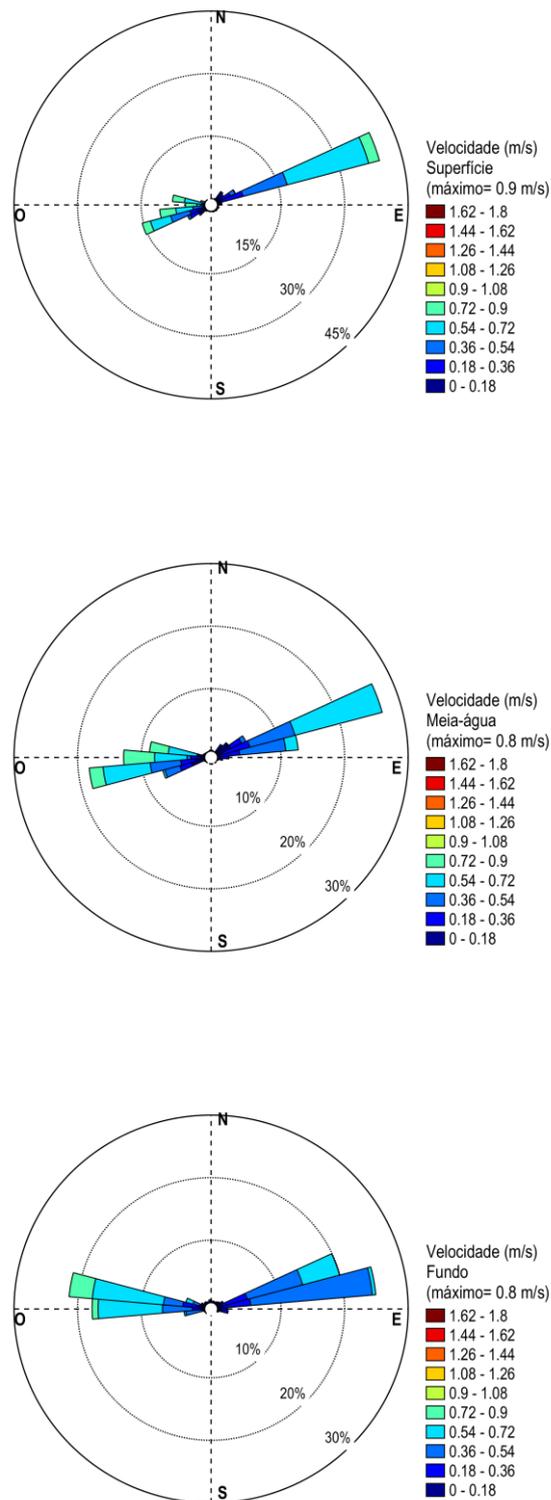


Figura 10: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-01.

#### 4.1.3 Análise integrada CJ-01: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.60 m/s e direção 71,9° (NE - E). Na quadratura o máximo registrado foi de 0.89 m/s, registrado durante a enchente. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 44 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.71 m/s.

A diferença das máximas velocidades de vazante e de enchente foi semelhante no período de sizígia e quadratura, com intensidades máximas entre 6% e 15% (~0.1 m/s) menor nas correntes de enchente e vazante, quando comparado às correntes de vazante e enchente na sizígia e quadratura, respectivamente.

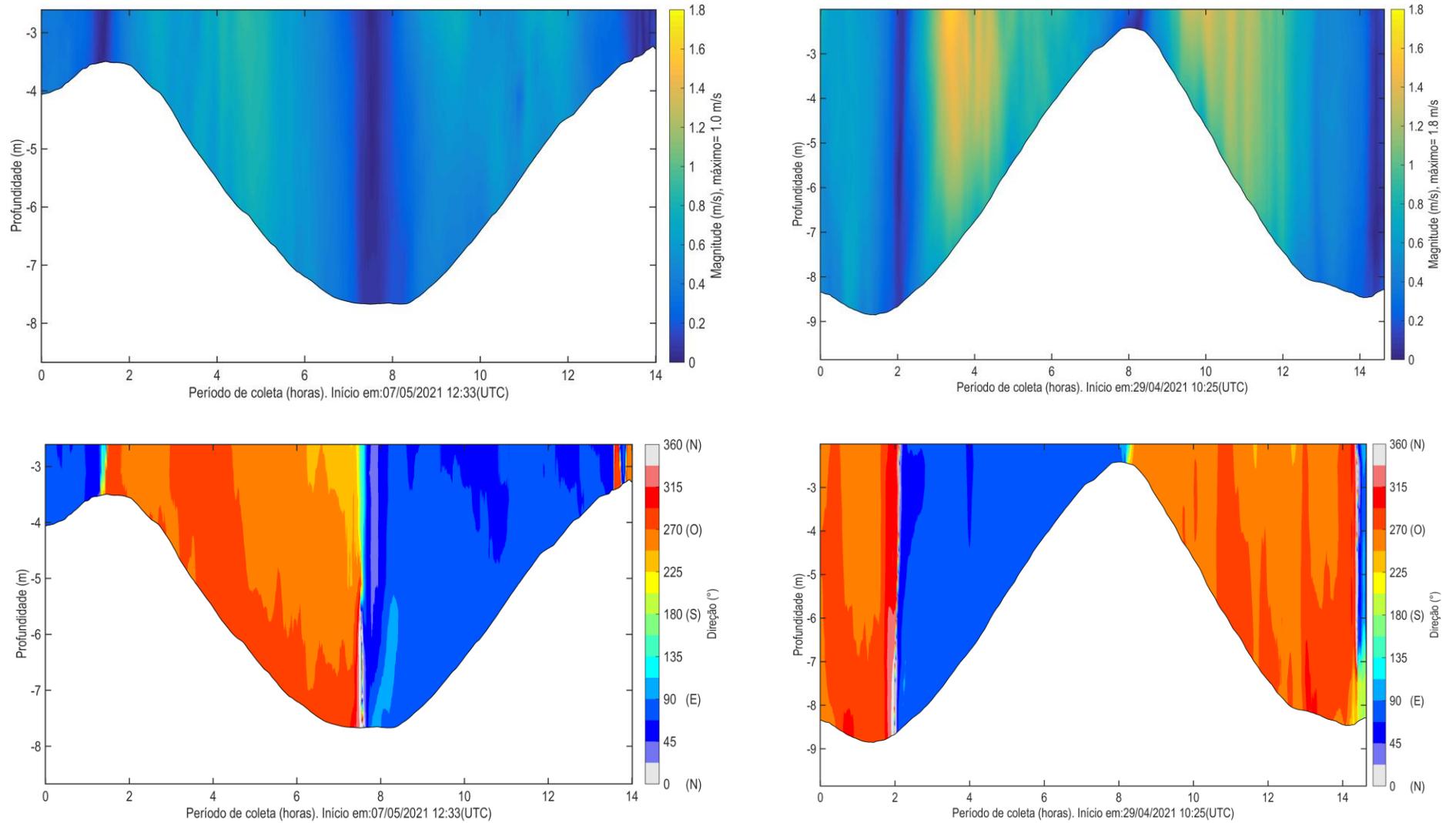


Figura 11: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP CJ-01.

## 4.2 ADCP CJ-03

### 4.2.1 Sizígia

O levantamento teve início 29/04/2021 11:17 (UTC) e se estendeu até 30/04/2021 1:08 (UTC), totalizando cerca de 14h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.78 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.8 m de 15 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima de 0.002 m/s foi registrada durante o estofó de baixa-mar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a enchente entre 3 e 5 horas de coleta (Figura 12), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.6 m/s. As maiores velocidades ocorreram entre à superfície e o meio da coluna d'água (máximo de 1.6 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.5 m/s), como se observa na Figura 14 e Figura 18.

Durante a enchente (Figura 13), as maiores velocidades ocorreram entre 9 e 10.5 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.1 m/s, o que representa uma redução de 38% (0.68 m/s) em relação às máximas da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 14), com direções de vazante variando em torno de N-NNO e de enchente em torno de SE-SSE, seguindo o alinhamento do canal. A predominância das correntes de vazante no local é possivelmente explicada pelo fornecimento de maior volume de água pelas extensas planícies de maré da ilha Cujual, durante esse período, e maior atrito das correntes com o canal durante a enchente (Figura 2).

Tabela 4: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP CJ-03 no período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.80	0.0002
Direção	345.13	171.07
Período	meio da vazante	baixa-mar
Hora de coleta	3.62	7.38
Data (UTC)	29/04/2021 14:54	29/04/2021 18:40
Profundidade (m) da medida	0.9	11.8
Profundidade da coluna de água (m)	15	12

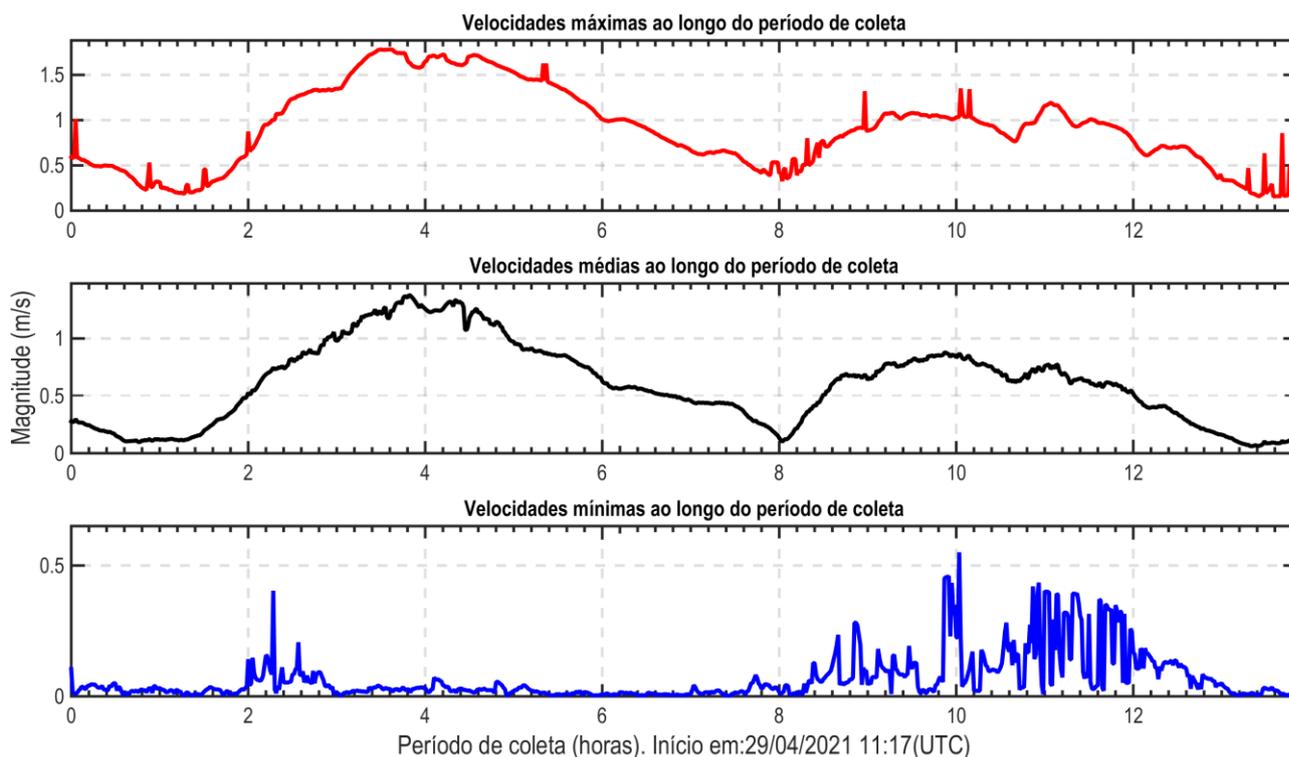


Figura 12: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.

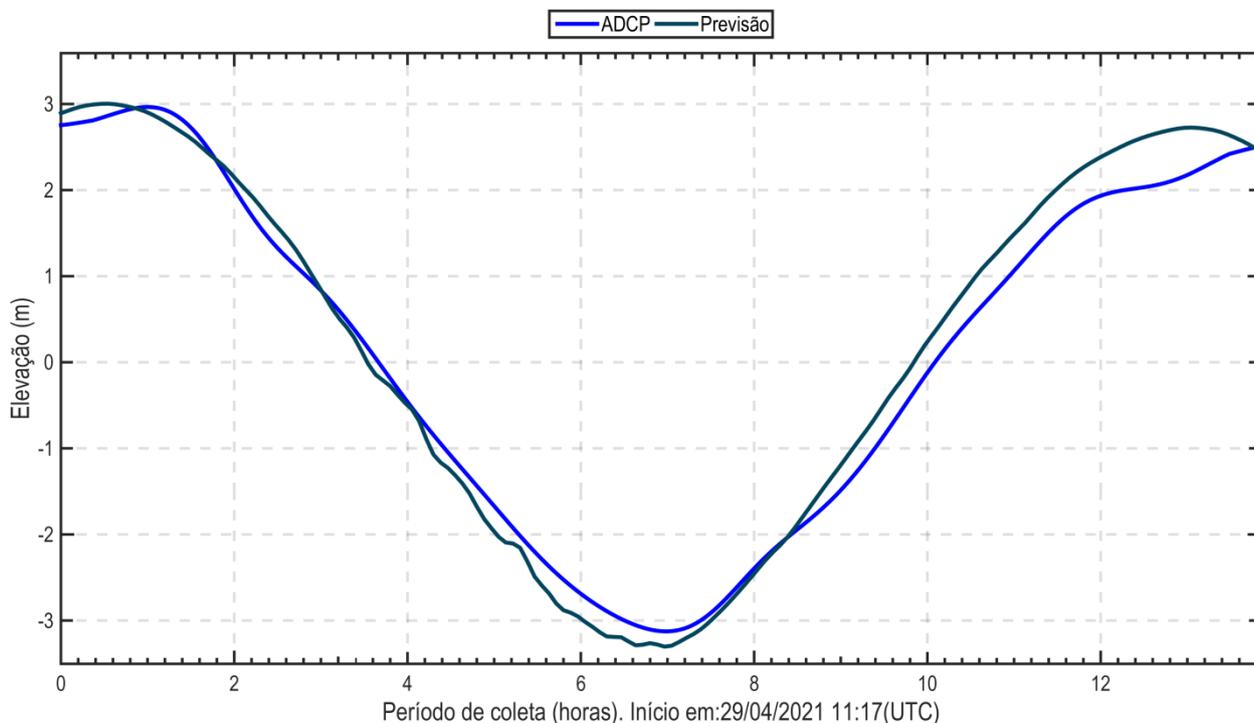


Figura 13: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.

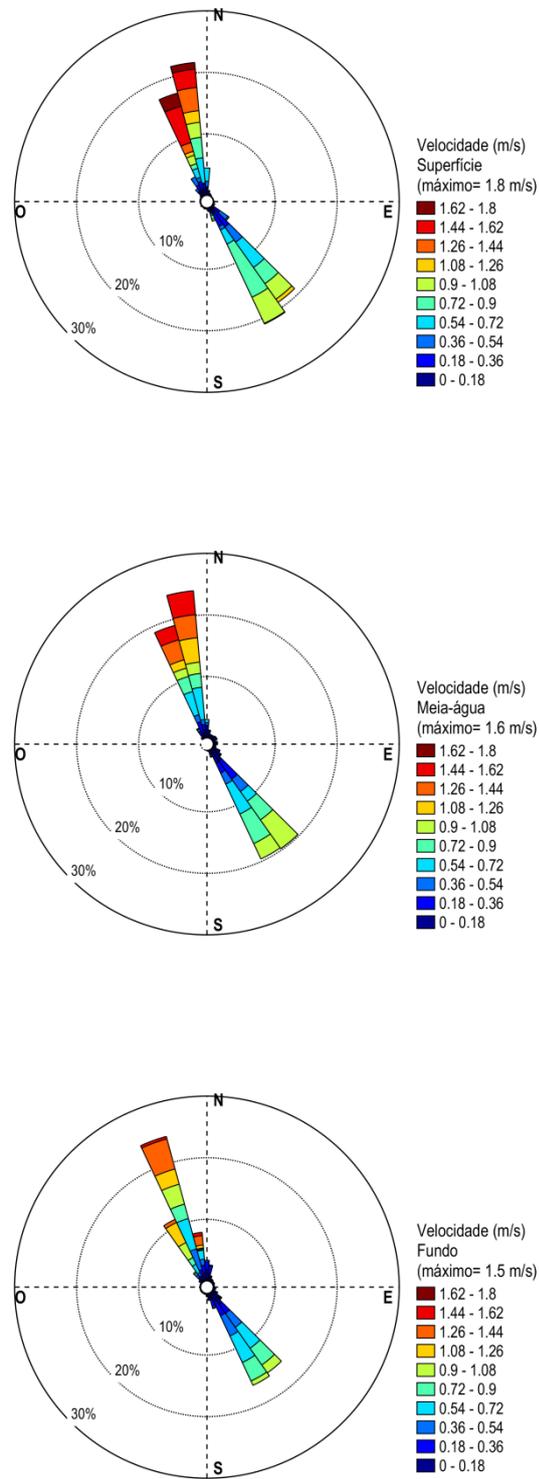


Figura 14: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.

#### 4.2.2 Quadratura

O levantamento teve início 06/05/2021 23:55 (UTC) e se estendeu até 07/05/2021 14:02 (UTC), totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.37 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.8 m de 11.5 m de profundidade, durante a vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.001 m/s, medida durante o estofa da baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 11 e 12 horas de coleta (Figura 15), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.3 m/s. As maiores velocidades ocorreram entre à superfície e o meio da coluna d'água (máximo de 1.2 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.1 m/s), como se observa na Figura 17 e Figura 18.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 17), com direções de enchente entre SSE e de vazante em torno de NNO.

Ao longo do período de enchente as máximas velocidades variaram em torno de 0.7 m/s entre 4 h e 5 h, com um máximo de 0.8 m/s (Figura 15), o que representa uma redução de 42 % em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante a vazante.

A Tabela 5 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta CJ-03 durante o período de quadratura.

Tabela 5: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-03 durante o período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.37	0,001
Direção	345.5	274.1
Período	vazante	baixamar
Hora de coleta	11.2	2.5
Data (UTC)	07/05/2021 11:11	07/05/2021 2:26
Profundidade (m) da medida	1.8	2.84
Profundidade da coluna de água (m)	11.5	9

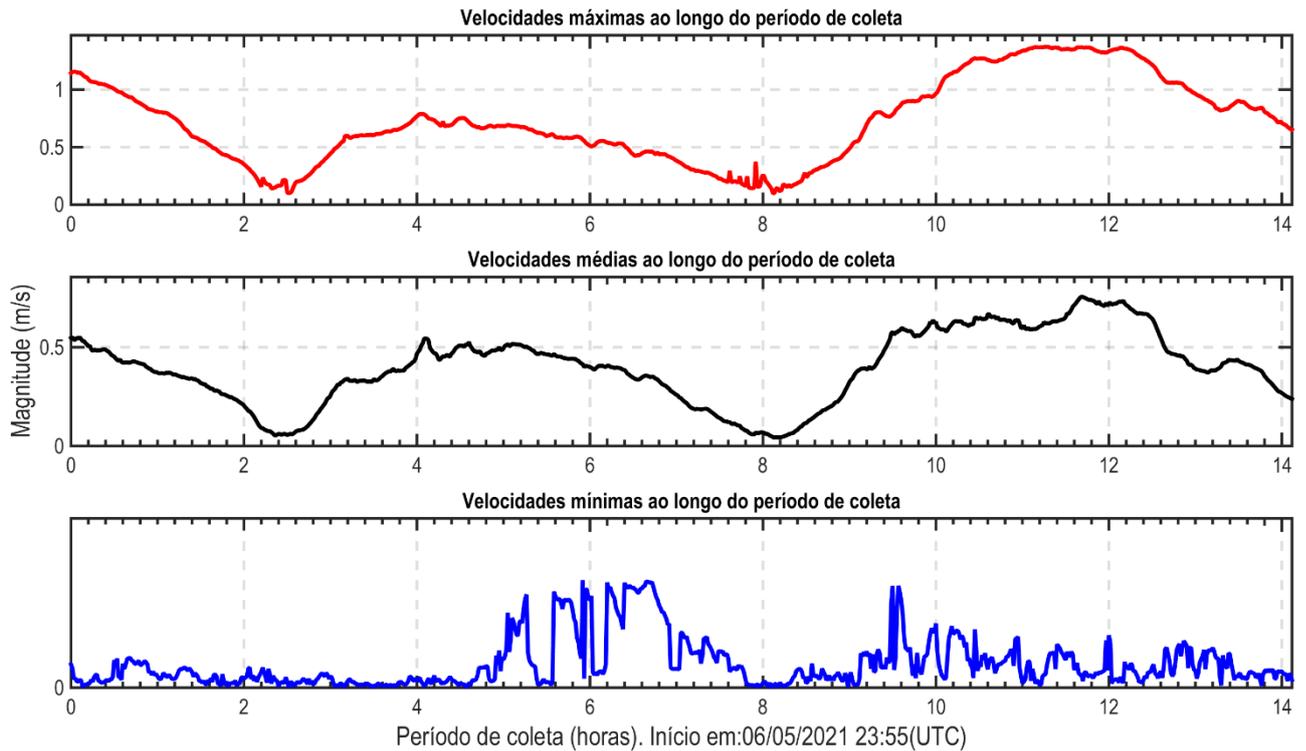


Figura 15: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.

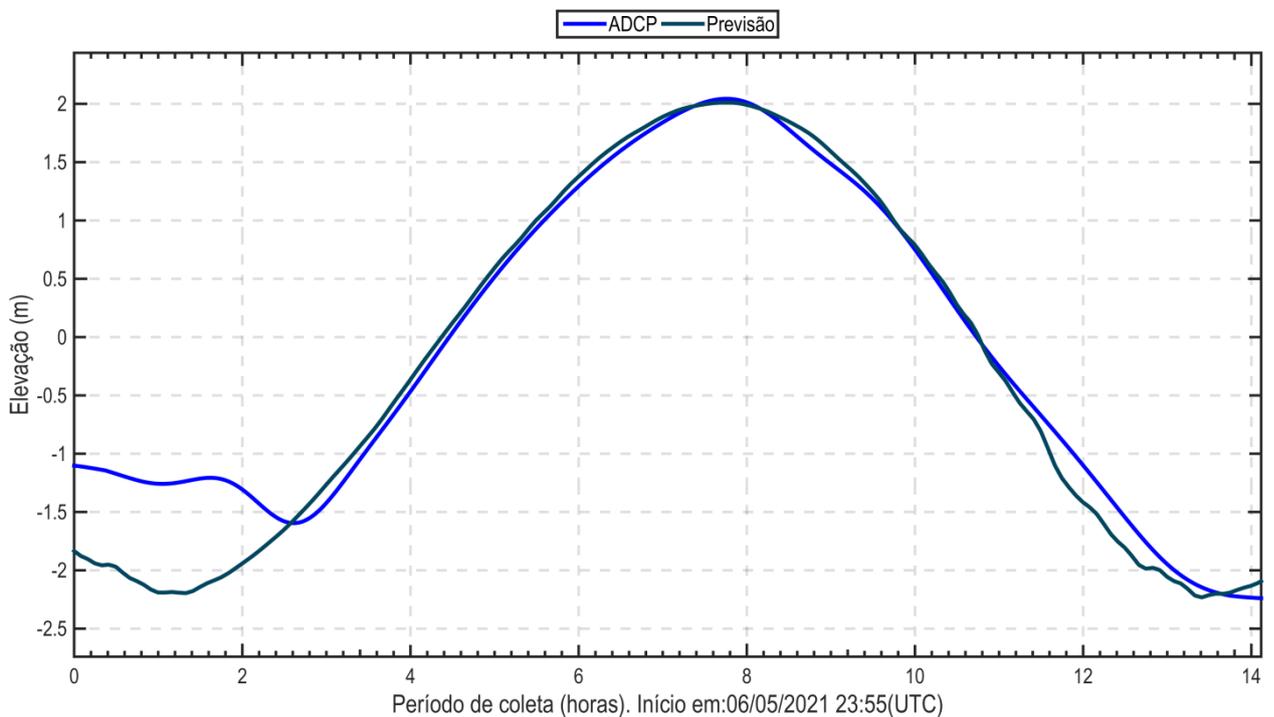


Figura 16: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.

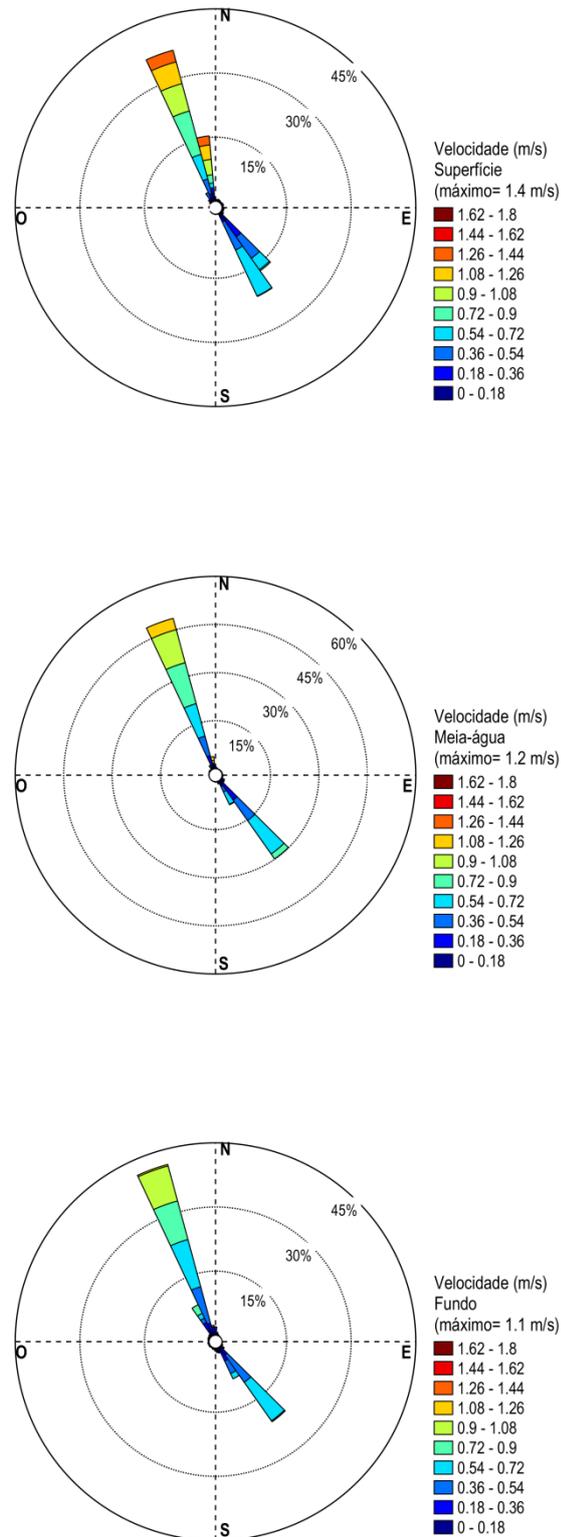


Figura 17: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-03.

#### 4.2.3 Análise integrada CJ-03: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.80 m/s e direção 345.2° (NNO). Na quadratura o máximo registrado foi 1.37 m/s, também registrado durante a vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução branda de 24 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.43 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças em torno de 40%, com a maior diferença observada na quadratura, de 42 % (0.57 m/s), enquanto na sizígia foi de 38 % (0.68 m/s).

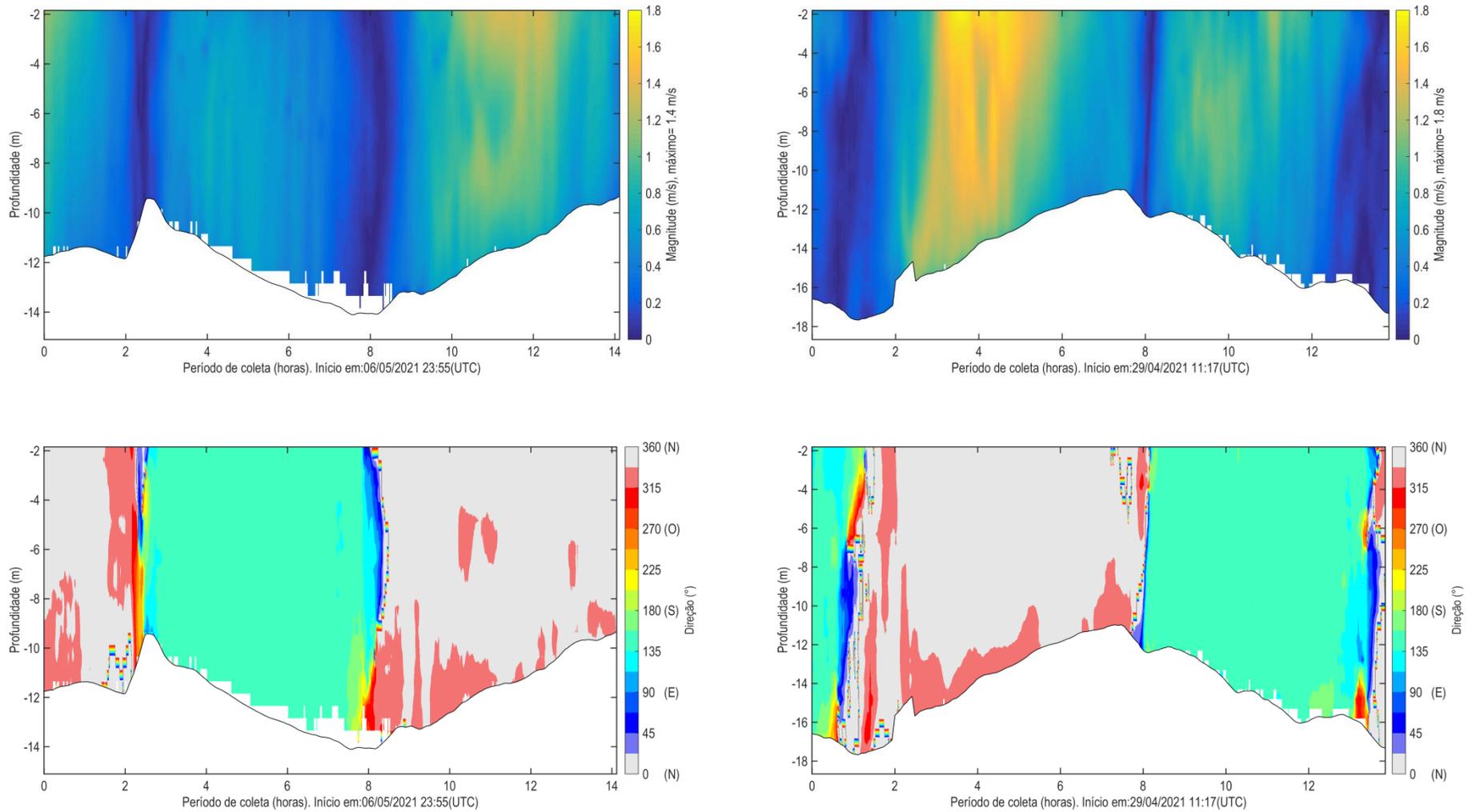


Figura 18: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP CJ-03.

### 4.3 ADCP CJ-04

#### 4.3.1 Sizígia

O levantamento teve início 30/04/2021 3:59 (UTC) e se estendeu até 30/04/2021 19:41 (UTC), totalizando cerca de 15,7h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.52 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2,0 m de 7,5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima de 0.0002 m/s foi registrada durante o estófo da preamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 10 e 11,5 horas de coleta (Figura 19), quando as maiores velocidades variaram em torno de 2.0 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 1.4 m/s), reduzindo em direção ao meio e fundo (máximo de 1.3 m/s), como se observa na Figura 21 e Figura 25.

Durante a enchente as maiores velocidades ocorreram entre 4.5 e 5.5 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 2.4 m/s, o que representa uma redução de 5 % (0.12 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 21), com direções de vazante variando em torno de E e de enchente em torno de O-SO, seguindo o alinhamento do canal e bancos de areia presentes na região. Esse padrão de direção de correntes se deve pela proximidade da Ilha de Cujual do ponto de coleta, as correntes de maré de enchente são bloqueadas pela ilha e então desviadas com direção O-SO.

A Tabela 6 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta CJ-04 durante o período de sizígia.

Tabela 6: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-04 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	2,52	0,0002
Direção	348,7	48,2
Período	meio da vazante	preamar
Hora de coleta	10.7	8.8
Data (UTC)	30/04/2021 14:43	30/04/2021 12:49
Profundidade (m) da medida	2,0	9,0
Profundidade da coluna de água (m)	7,5	10,0

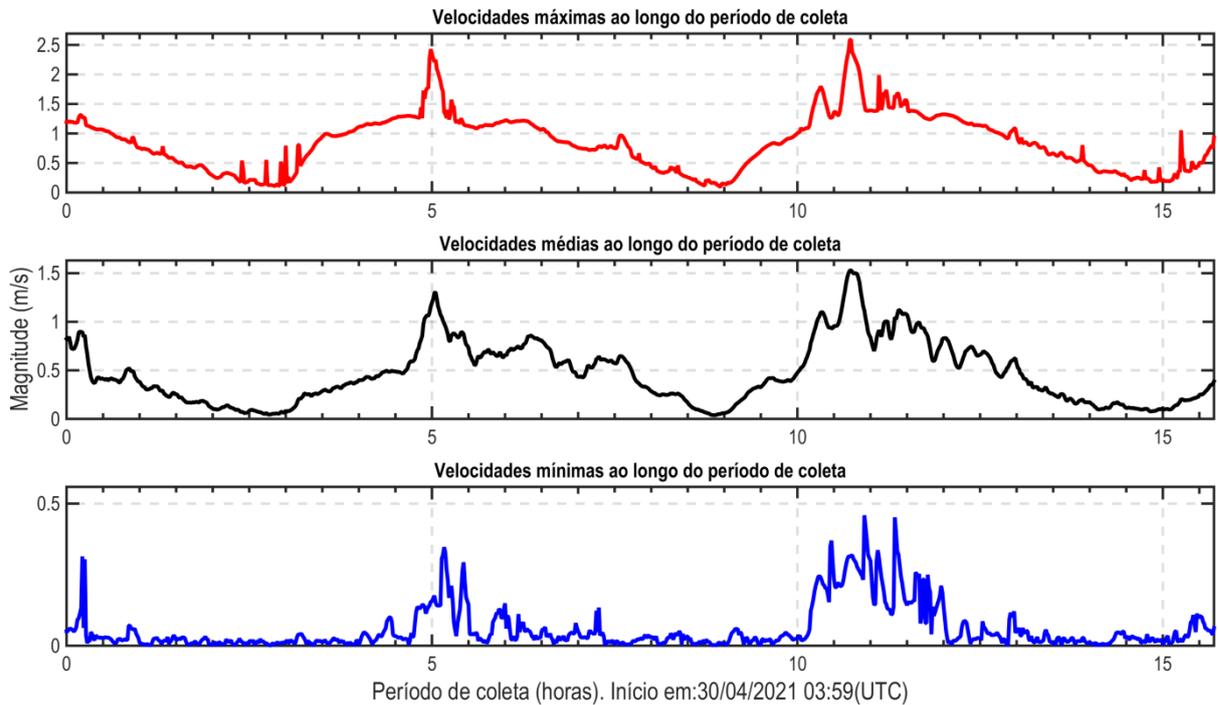


Figura 19: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP CJ-04.

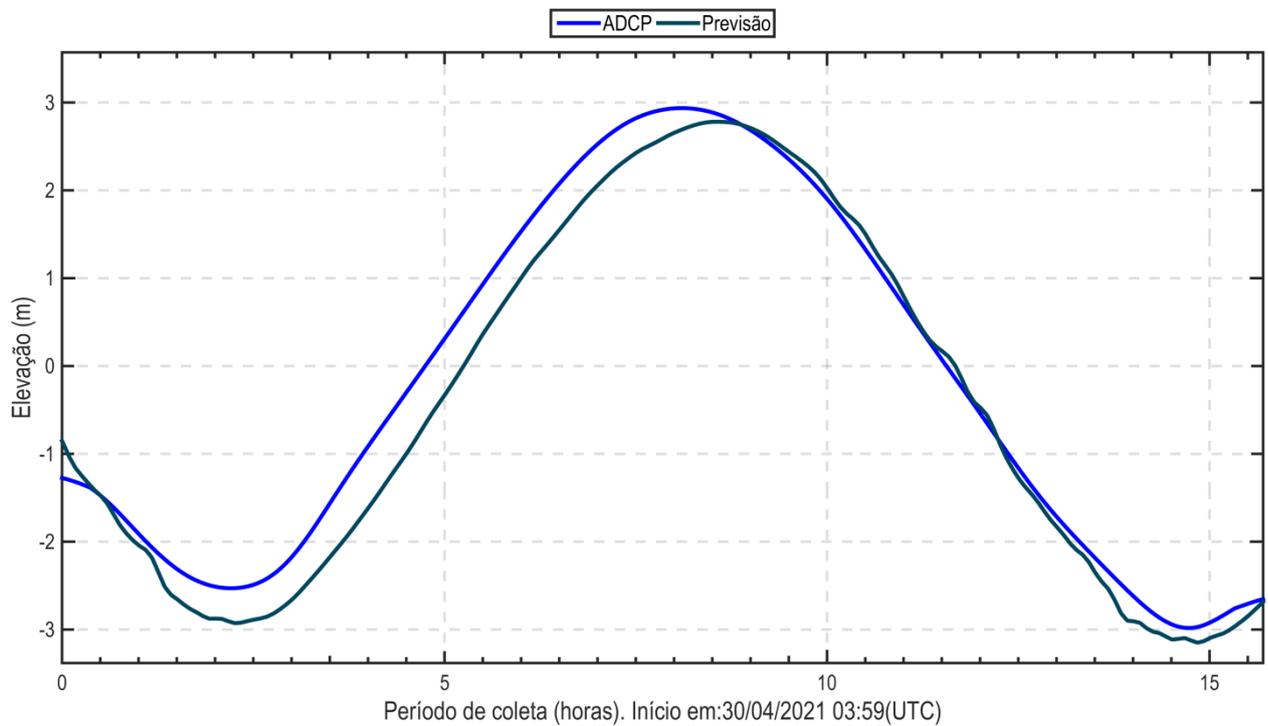


Figura 20: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-04. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

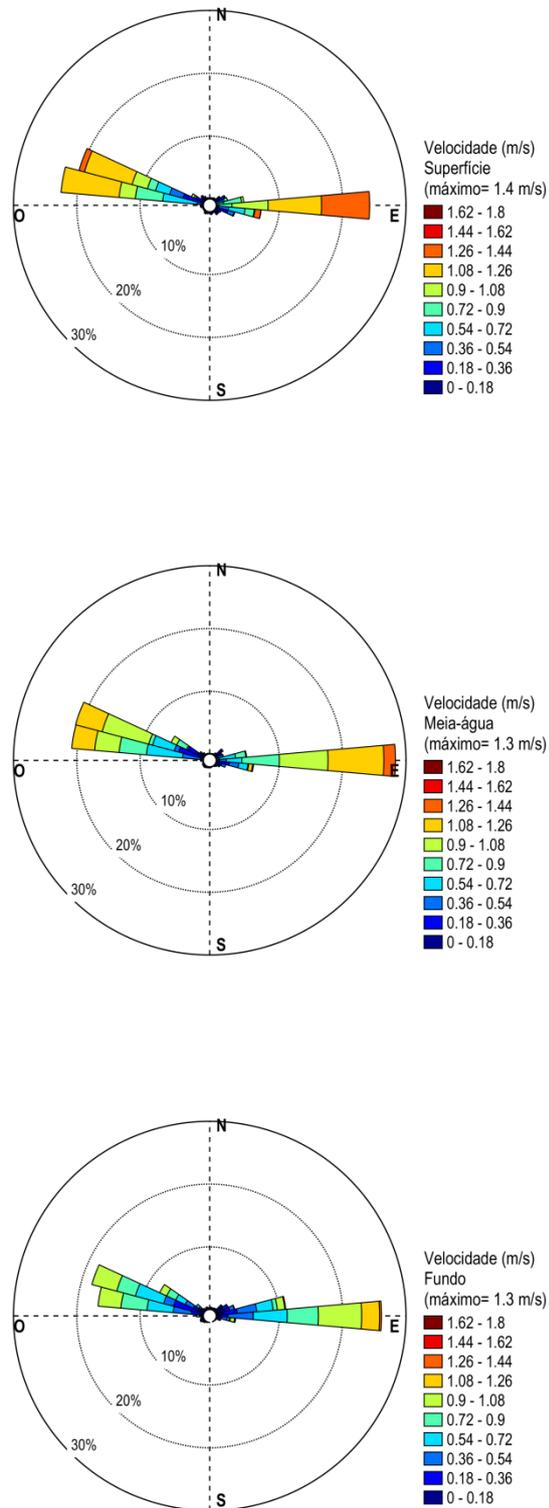


Figura 21: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP CJ-04.

#### 4.3.2 Quadratura

O levantamento teve início 07/05/2021 18:31 (UTC) e se estendeu até 08/05/2021 08:39, totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.53 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.5 m de 6.2 m de profundidade, durante a vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.0001 m/s, medida próximo ao fundo durante a baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 5 e 6 horas de coleta (Figura 22), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.0 m/s. Ao longo de toda a coluna d'água, os valores máximos foram entorno de 1 m/s, como se observa na Figura 24 e Figura 25.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 24) com direções de vazante variando em torno de E e de enchente em torno de O-SO, seguindo o alinhamento do canal.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 0.8 m/s entre 10 h e 12 h, com um máximo de 0.9 m/s (Figura 22), o que representa uma redução de 40 % (0.6 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante a vazante.

A Tabela 7 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta CJ-04 durante o período de quadratura.

Tabela 7: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta CJ-04 durante o período de quadratura.

	<b>Velocidade Máxima</b>	<b>Velocidade Mínima</b>
<b>Magnitude (m/s)</b>	1.53	0.0001
<b>Direção</b>	105.2527981	319.06
<b>Período</b>	Meio da vazante	Baixamar
<b>Hora de coleta</b>	5.6	7.8
<b>Data (UTC)</b>	08/05/2021 0:07	08/05/2021 2:30
<b>Profundidade (m) da medida</b>	2,5	4,5
<b>Profundidade da coluna de água (m)</b>	6,2	5,2

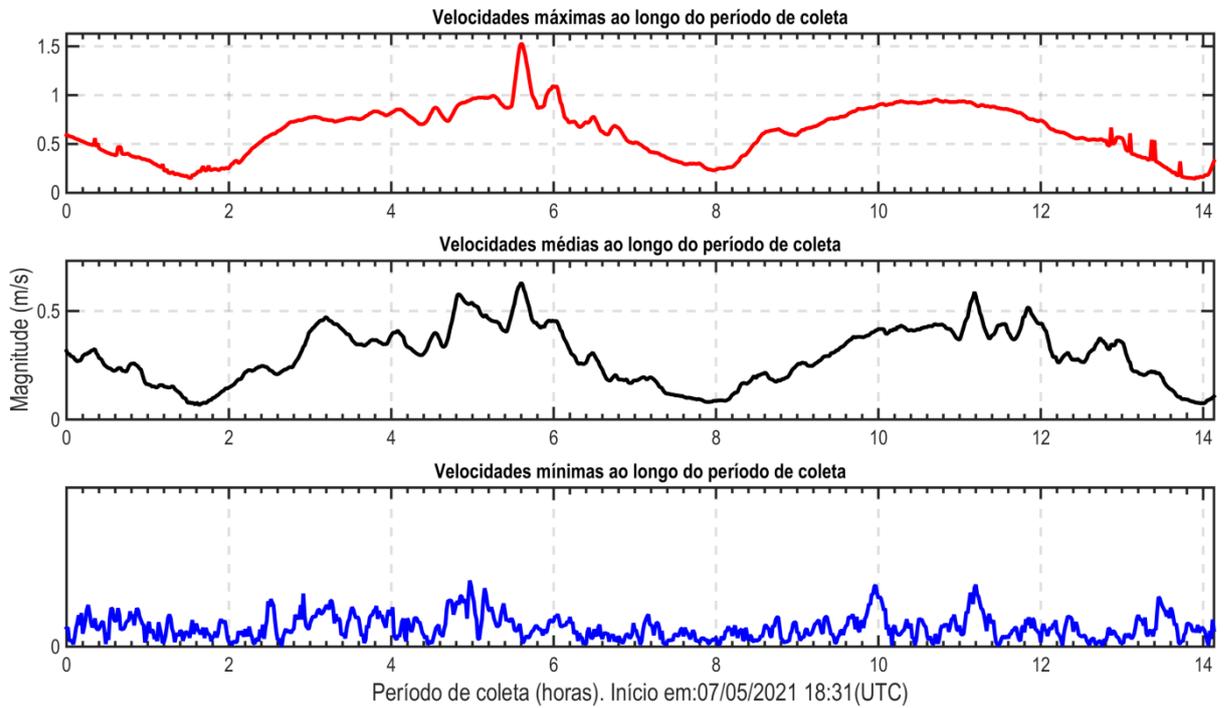


Figura 22: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP CJ-04.

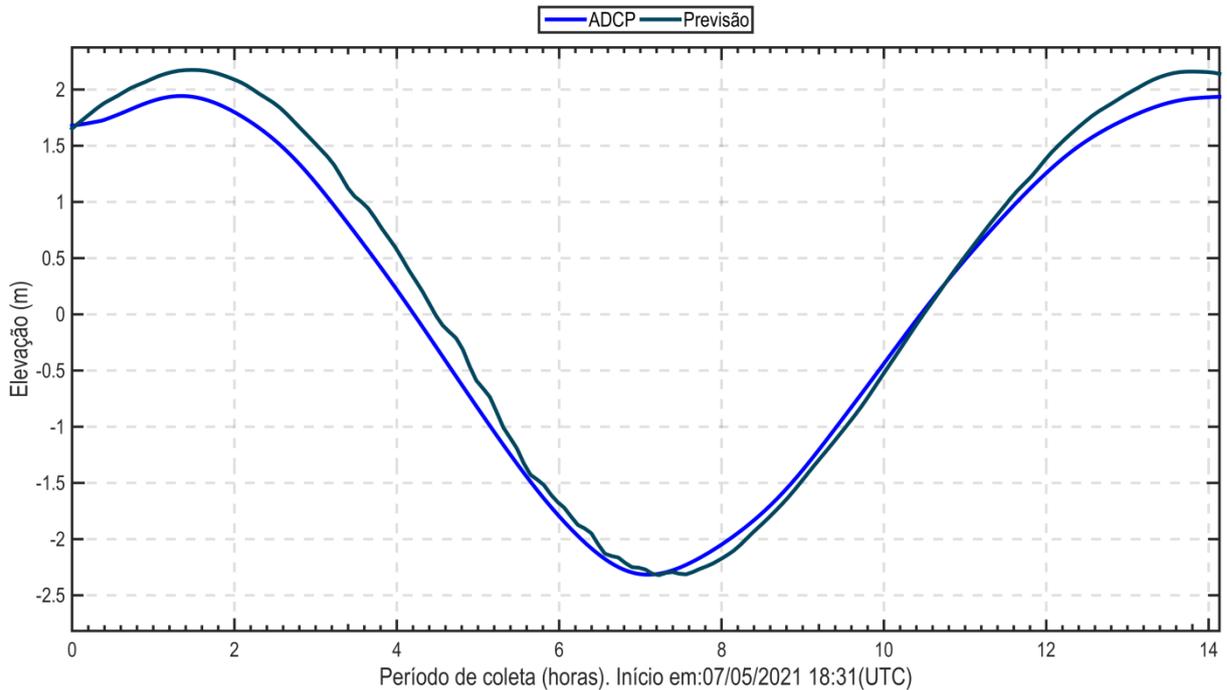


Figura 23: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-04. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

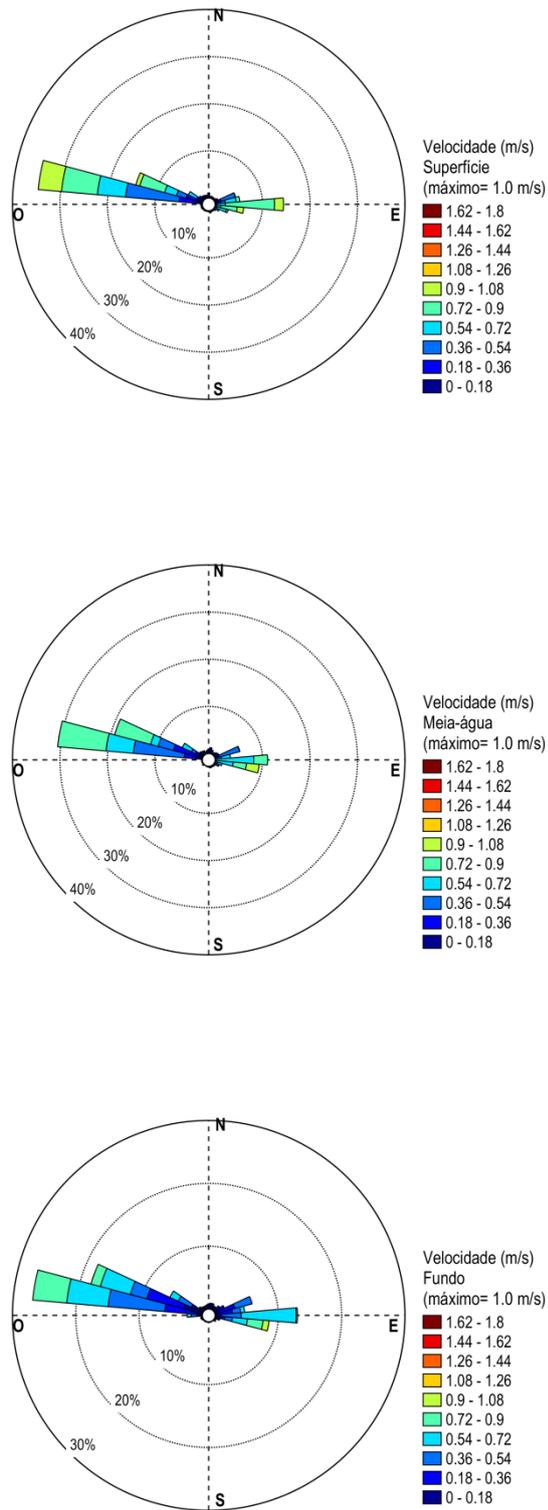


Figura 24: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP CJ-04.

#### 4.3.3 Análise integrada CJ-04: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 2.54 m/s e direção 349 (N - NO). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.50 m/s, também registrado durante a vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 41 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 1.04 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças com a maior diferença observada na quadratura, de 40 %, enquanto na sizígia foi de 5 %.

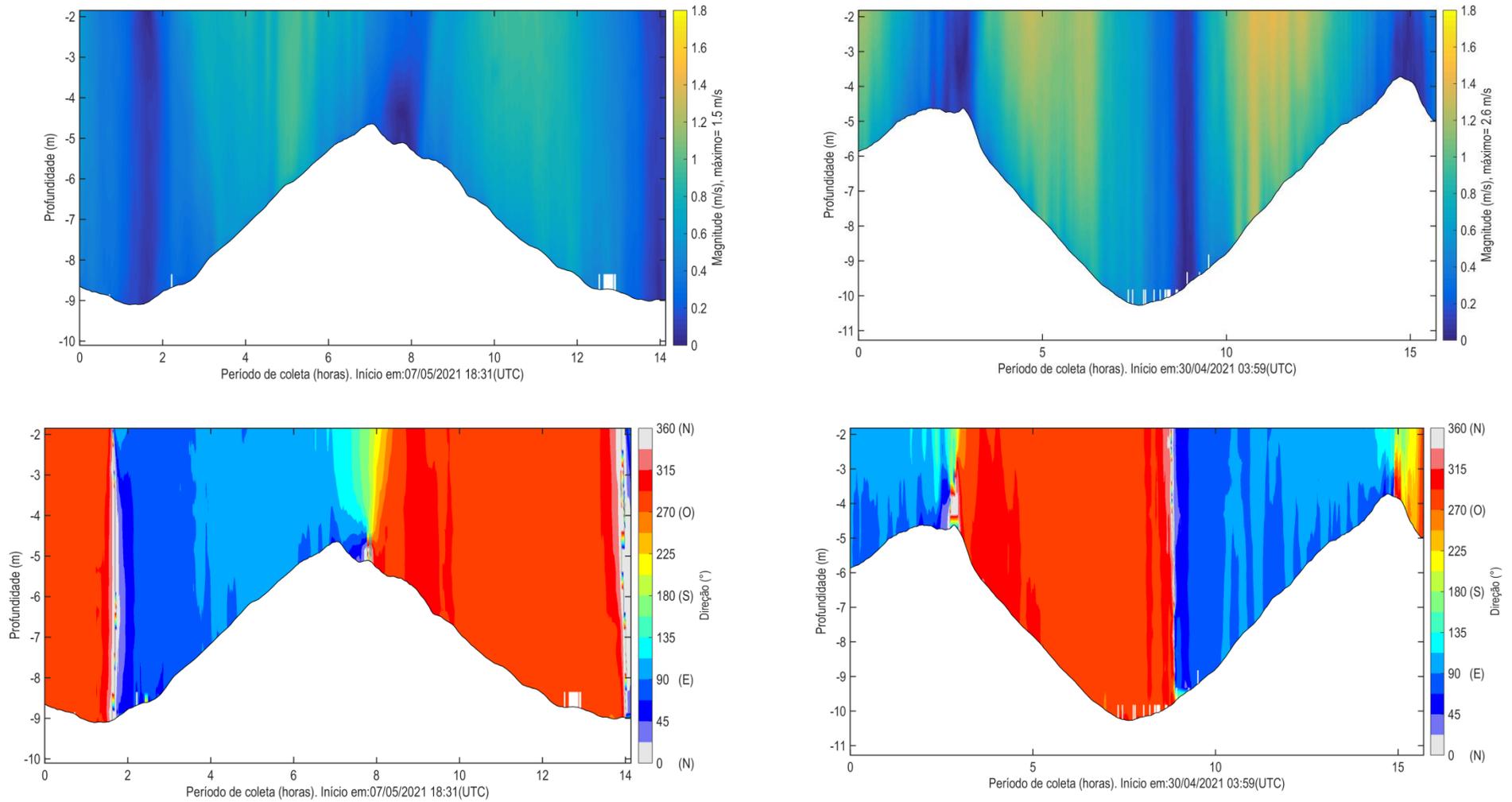


Figura 25: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP CJ-04.

#### 4.4 ADCP PE-01

##### 4.4.1 Sizígia

O levantamento teve início 27/04/2021 19:01 (UTC) e se estendeu até 28/04/2021 11:58, totalizando cerca de 17 h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.51 m/s na região central da coluna d'água, a 4.0 m de 9 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima de 0.003 m/s foi registrada durante o estofio de baixamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 5 e 6 horas de coleta (Figura 26), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.4 m/s. As maiores velocidades se concentraram na região superficial e central da coluna d'água (máximo de 1.5 m/s), tendendo a permanecer com intensidade constante da superfície e fundo, como se observa na Figura 28 e Figura 32.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 13.5 e 15 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 0.75 m/s, o que representa uma redução de 50% (0.76 m/s) em relação à máxima da vazante.

A Tabela 8 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta AF-4b durante o período de sizígia.

Tabela 8: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PE-01 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.53	0.003
Direção	330.58	300.05
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	5.2	9,5
Data (UTC)	28/04/2021 0:11	28/04/2021 4:30
Profundidade (m) da medida	4.0	4.0
Profundidade da coluna de água (m)	9.0	5.5

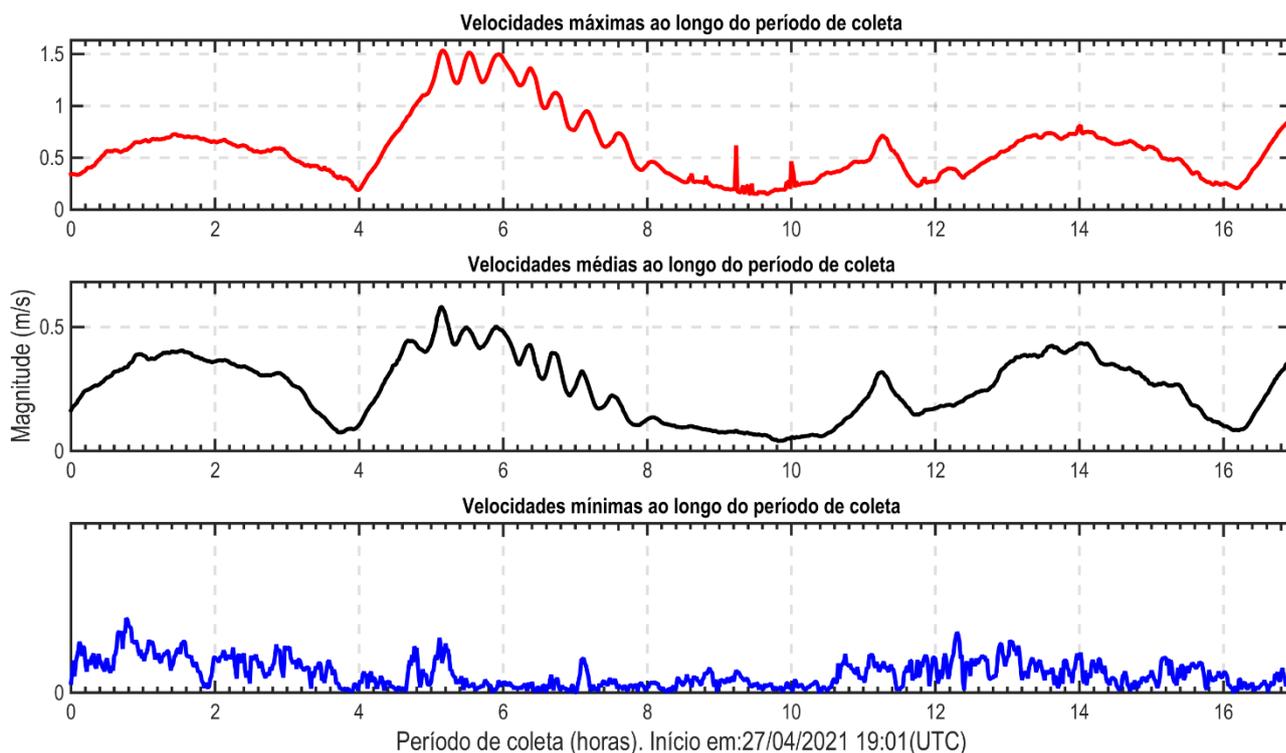


Figura 26: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PE-01.

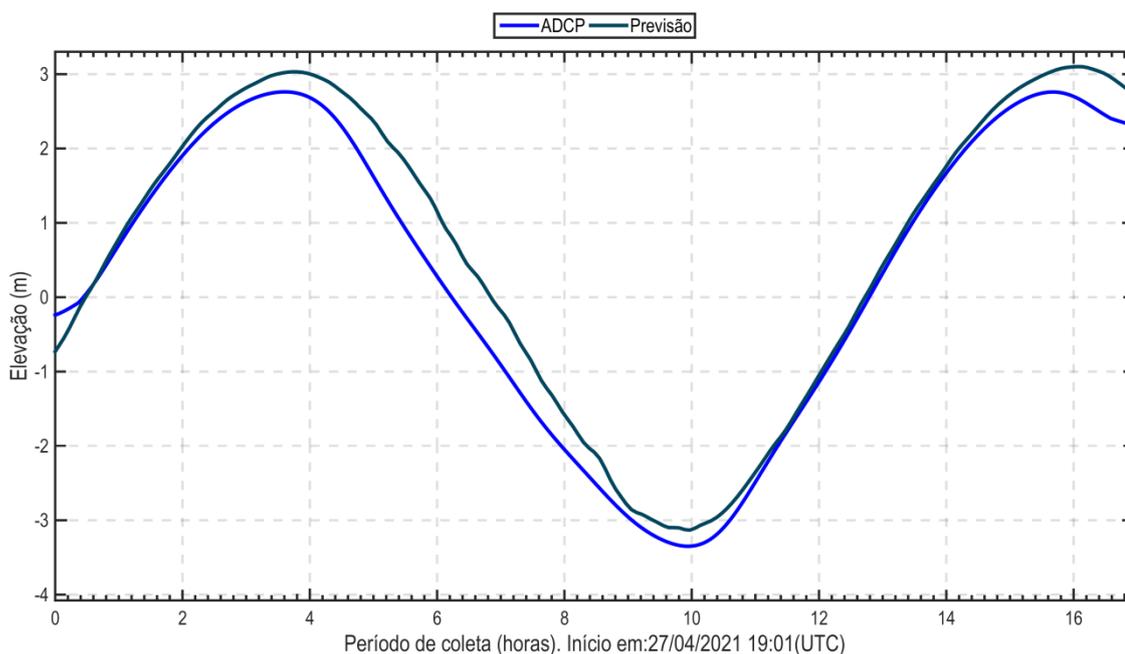


Figura 27: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

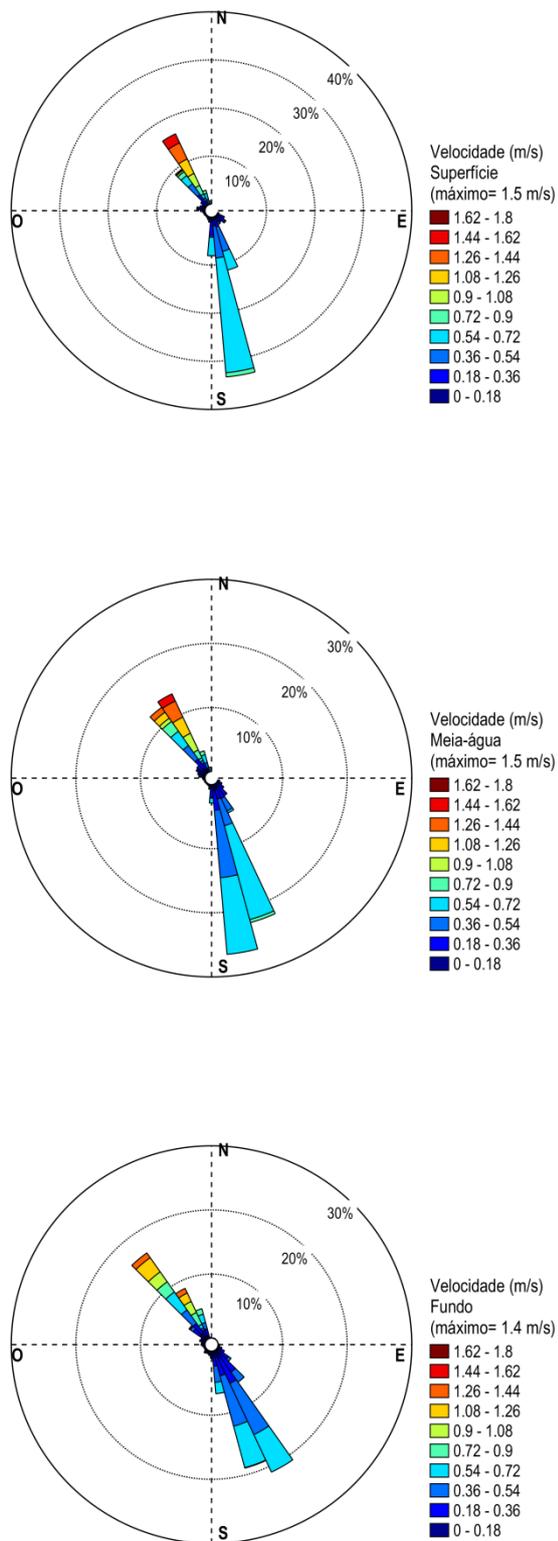


Figura 28: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-01.

#### 4.4.2 Quadratura

O levantamento teve início 05/05/2021 09:58 (UTC) e se estendeu até 06/05/2021 1:16 (UTC), totalizando cerca de 15.2 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.01 m/s na região central da coluna d'água, a 4.5 m de 9.5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.002 m/s, medida próximo à região central durante o estofa de baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 9 e 10.5 horas de coleta, quando as maiores velocidades variaram em torno de 0.8 m/s e com um máximo de 1 m/s (Figura 29). Ao considerar os valores médios ao longo do tempo, observa-se que as maiores velocidades de corrente permaneceram constantes ao longo da coluna d'água com valores máximos de 0.9 m/s. (Figura 32).

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 31), com direções de enchente variando em torno de SE e ESE e de vazante em torno de N e NNE, seguindo a morfologia de fundo encontrada próximo à Ponta da Espera.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 0.5 m/s entre 2.5 h e 3.5 h, com um máximo de 0.6 m/s (Figura 29), o que representa uma redução de 51% (0.41 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante a vazante.

A Tabela 9 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PE-01 durante o período de quadratura.

Tabela 9: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PE-01 durante o período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.01	0,002
Direção	351.89	229.06
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	9.0	14.7
Data (UTC)	05/05/2021 18:56	06/05/2021 0:38
Profundidade (m) da medida	4.5	4.0
Profundidade da coluna de água (m)	9.5	6.5

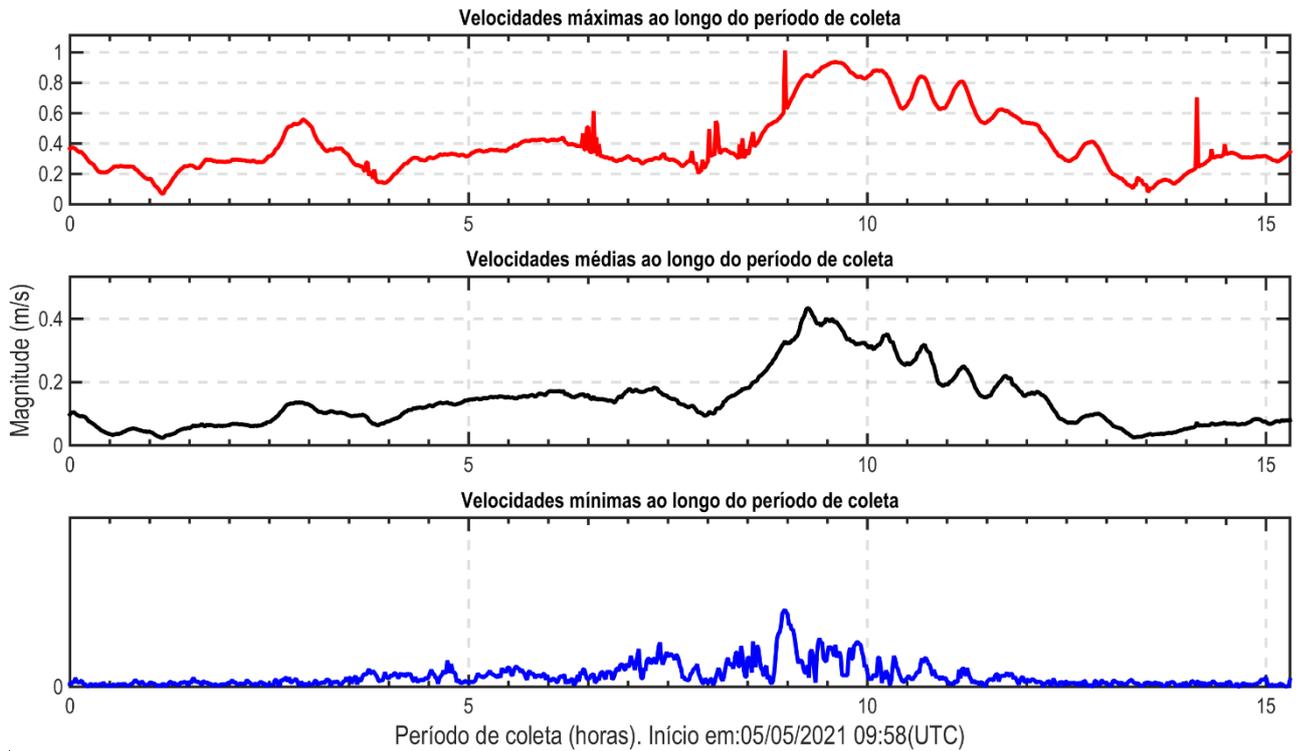


Figura 29: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PE-01.

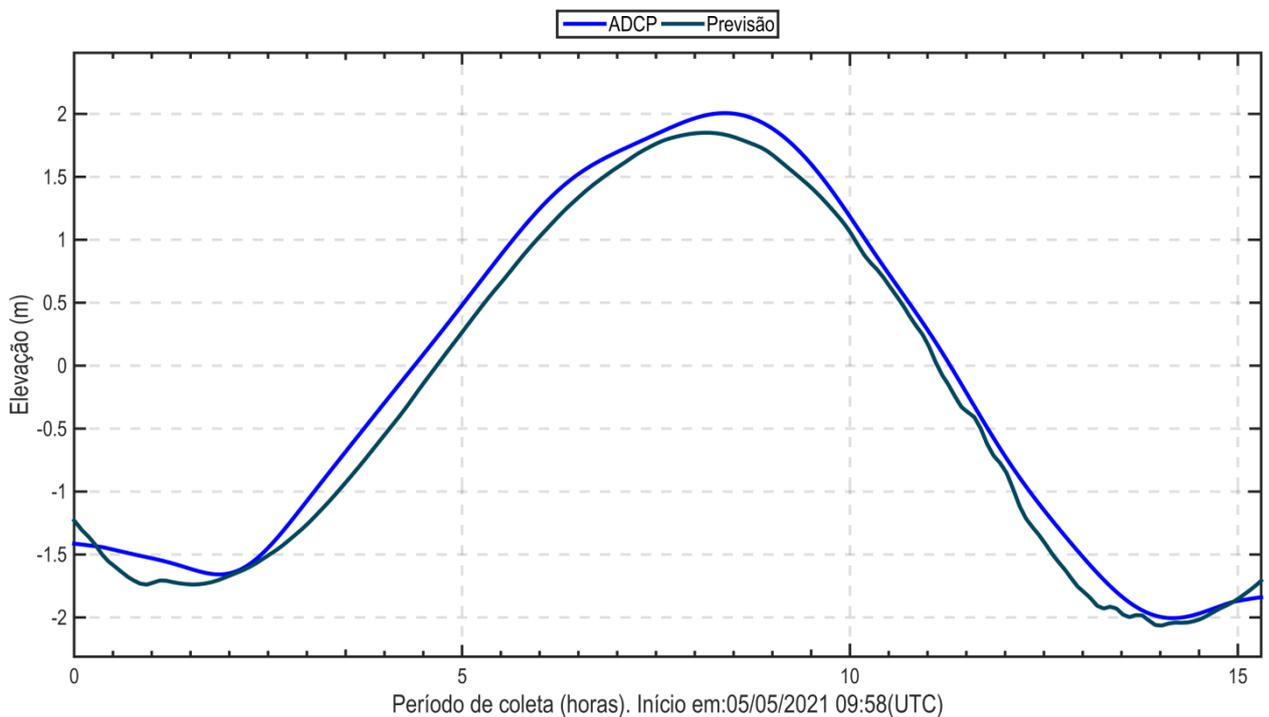


Figura 30: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Porto do Itaqui.

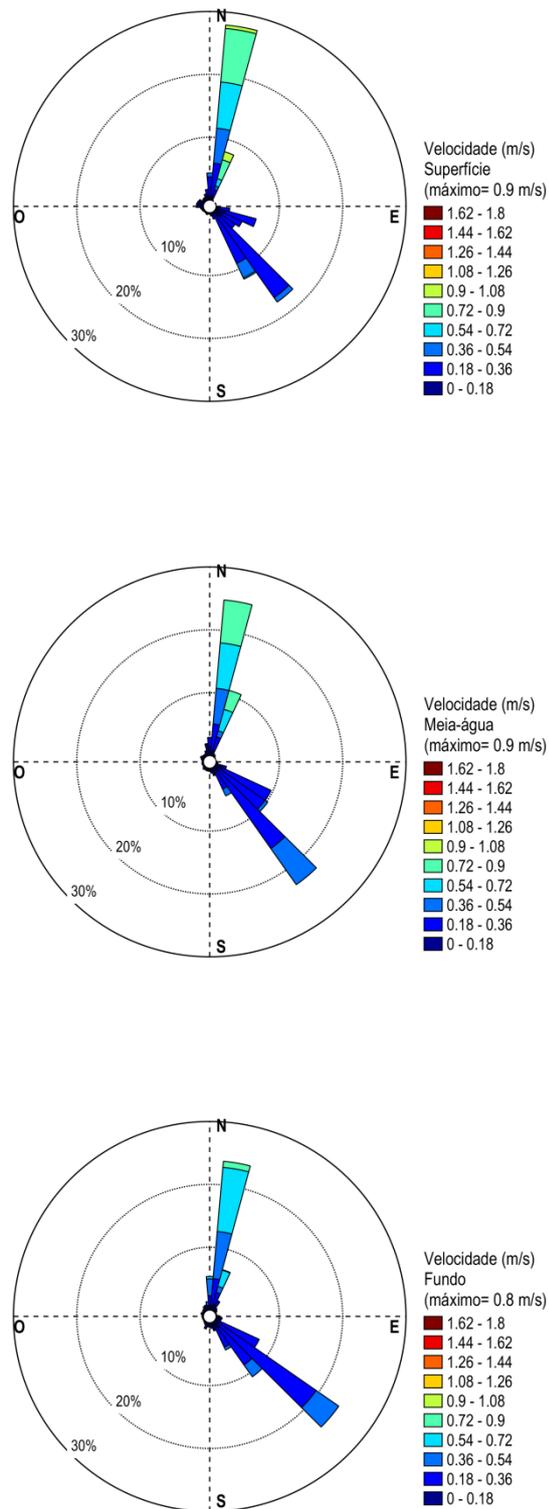


Figura 31: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-01.

#### 4.4.3 Análise integrada PE-01: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.53 m/s e direção 330.6 (NNO). Na quadratura, o máximo registrado foi de 1.01 m/s, também registrado durante a vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 34 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.52 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças similares observadas na quadratura, de 51 % (0.41 m/s), enquanto na sizígia foi de 50 % (0.76 m/s).

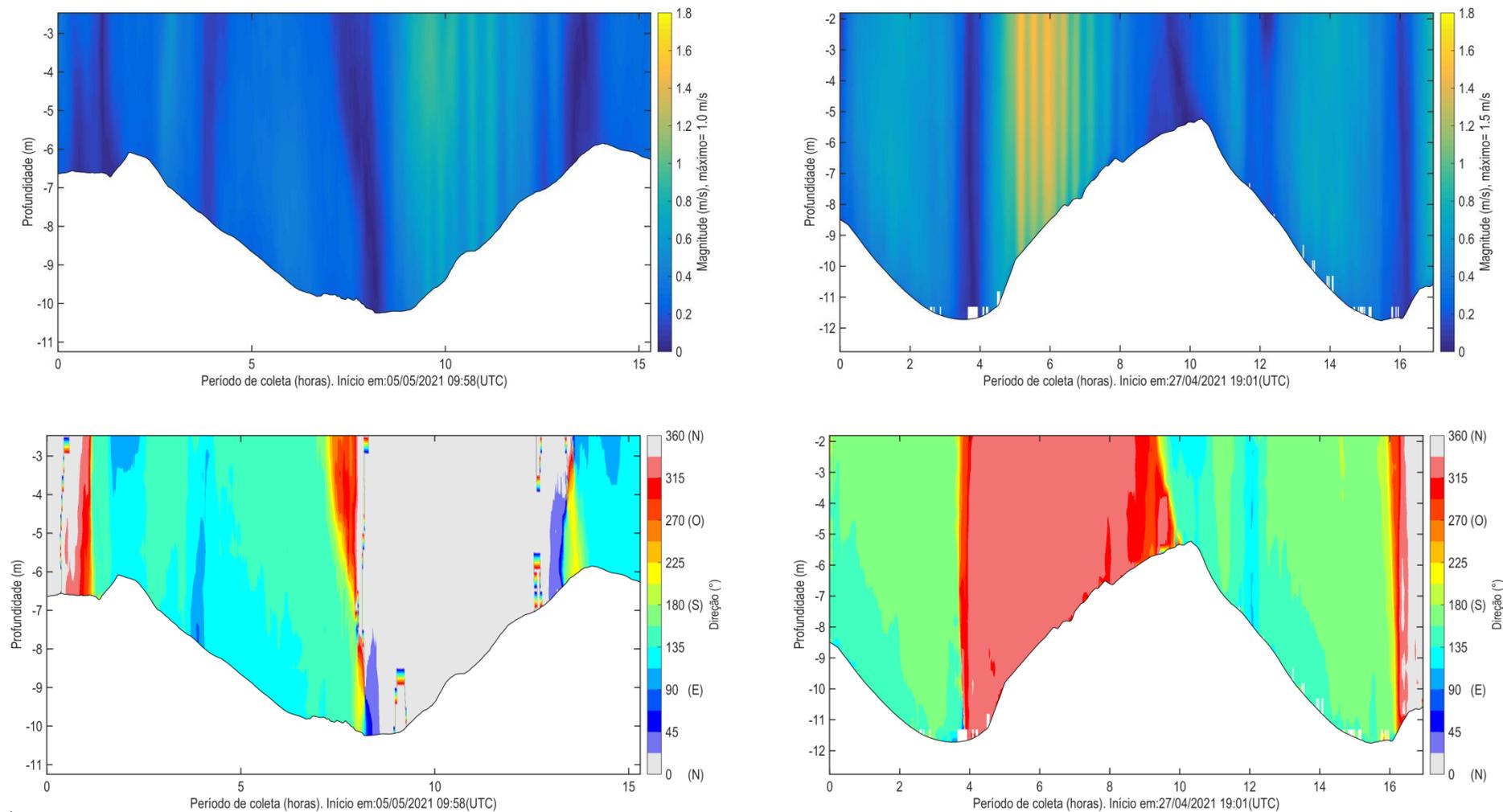


Figura 32: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PE-01.

## 4.5 ADCP PE-02

### 4.5.1 Sizígia

O levantamento teve início 28/04/2021 11:49 (UTC) e se estendeu até 29/04/2021 6:31 (UTC), totalizando cerca de 19h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.7 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.8 m de 24.8 m de profundidade, durante a enchente, enquanto a mínima de 0.0001 m/s foi registrada durante a preamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 7 e 10 horas de coleta (Figura 33), quando as maiores velocidades variaram em torno de 2.5 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à região superficial da coluna d'água (máximo de 2.7 m/s), reduzindo em direção ao central e superfície (máximo de 2.6 e 2.5 m/s, respectivamente), como se observa na Figura 33, Figura 35 e Figura 39.

Durante a vazante, as maiores velocidades ocorreram entre 1 e 3 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 2.4 m/s, e, variando em torno de 2.2 m/s, o que representa uma redução de 11% (0.5 m/s) em relação à máxima da enchente.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água, com direção de vazante em torno de NE e de enchente variando em torno de S, seguindo o alinhamento do canal entre a Ilha do Medo e a Ponta da Espera (Figura 35).

A Tabela 10 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PE-02 durante o período de sizígia.

Tabela 10: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PE-02 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
<b>Magnitude (m/s)</b>	2.7	0.001
<b>Direção</b>	179.7	358.9
<b>Período</b>	Meio da enchente	Preamar
<b>Hora de coleta</b>	7.7	12.6
<b>Data (UTC)</b>	28/04/2021 19:31	29/04/2021 0:24
<b>Profundidade (m) da medida</b>	1.84	25.0
<b>Profundidade da coluna de água (m)</b>	24.8	27.0

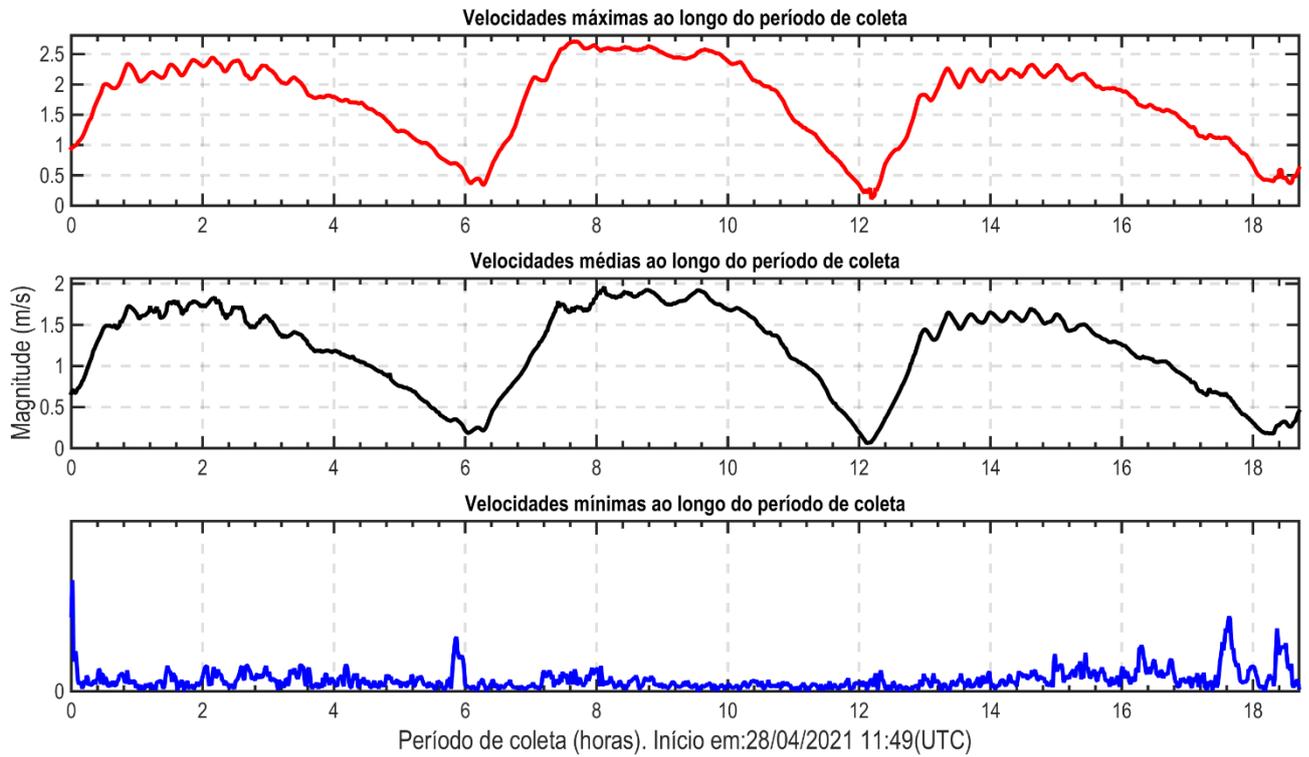


Figura 33: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PE-02.

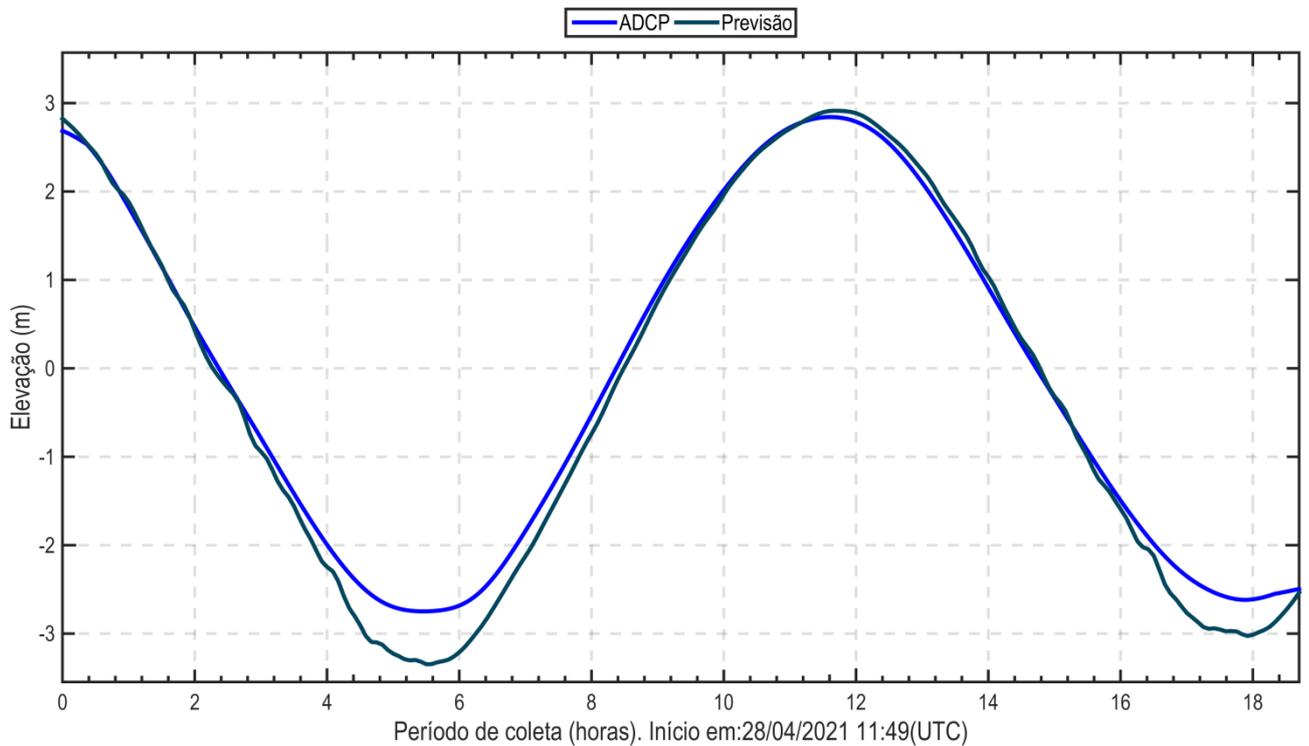


Figura 34: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

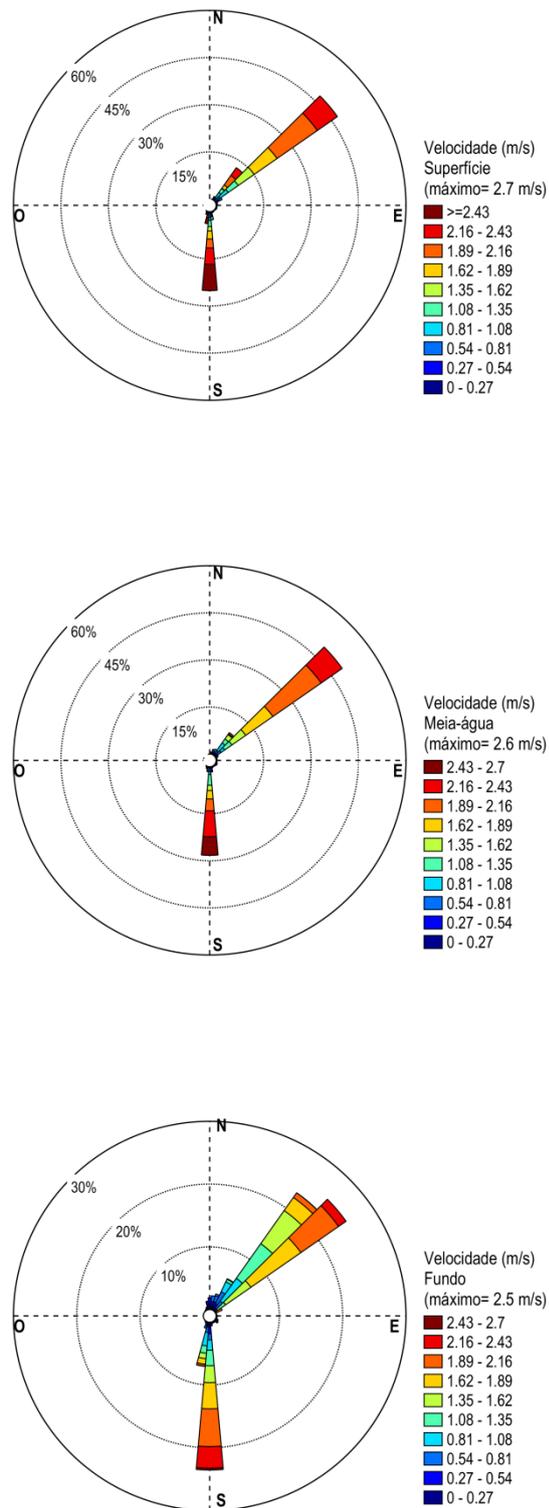


Figura 35: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PE-02.

#### 4.5.2 Quadratura

O levantamento teve início 06/05/2021 18:05 (UTC) e se estendeu até 07/05/2021 8:01 (UTC), totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.96 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.5 m de 24.5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.0008 m/s, medida após início da preamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 3 e 5 horas de coleta (Figura 36, Figura 37), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.7 m/s e com um máximo de 2.0 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 38), com direções de vazante variando em torno de NE e de enchente em torno de S, seguindo o alinhamento do canal entre a Ilha do Medo e a Ponta da Espera.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades também variaram em torno de 1.7 m/s entre 8.5 h e 10 h, com um máximo de 1.8 m/s (Figura 36 e Figura 37), o que representa uma redução de 8% (0.16 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, observou-se uma modificação das maiores velocidades encontradas na vazante durante a quadratura para a na enchente durante a sizígia nesse ponto.

A Tabela 11 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PE-02 durante o período de quadratura.

Tabela 11: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PE-02 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.965319018	0.0008
Direção	44.1	165.6250512
Período	Meio da vazante	Preamar
Hora de coleta	4.1	5.6
Data (UTC)	06/05/2021 22:10	06/05/2021 23:39
Profundidade (m) da medida	2.5	18
Profundidade da coluna de água (m)	24.8	26.2

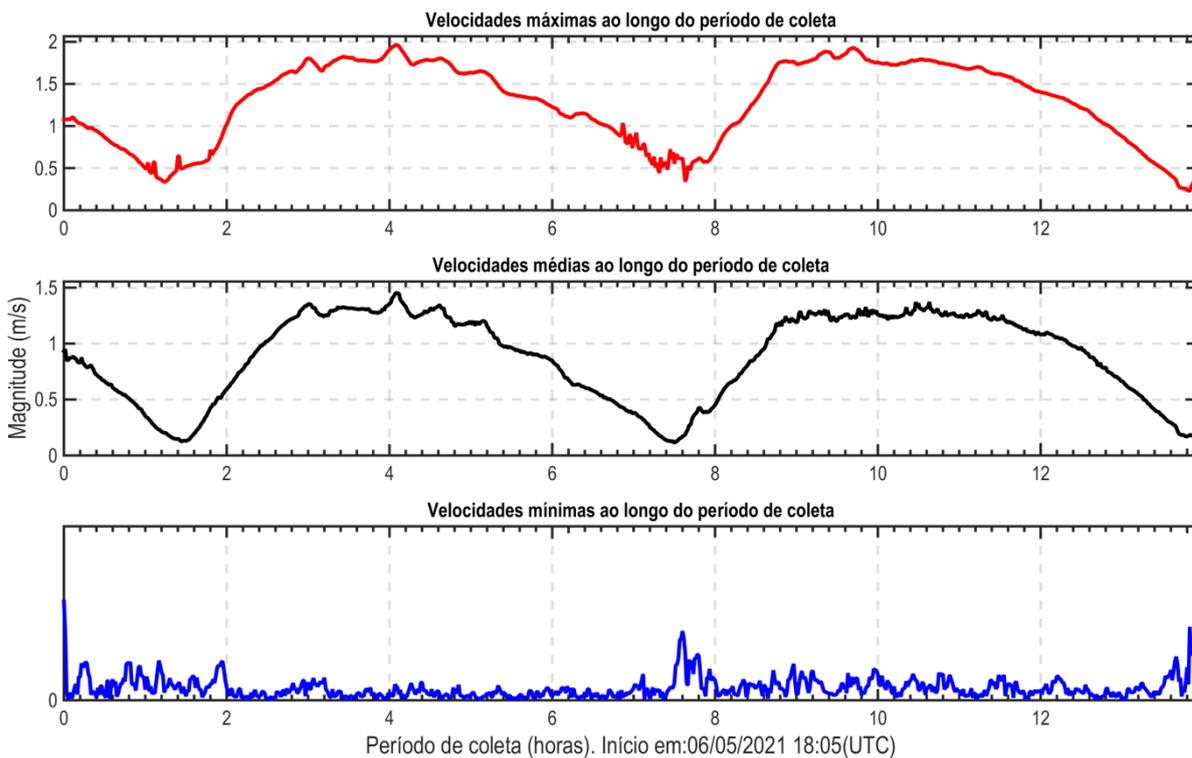


Figura 36: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PE-02.

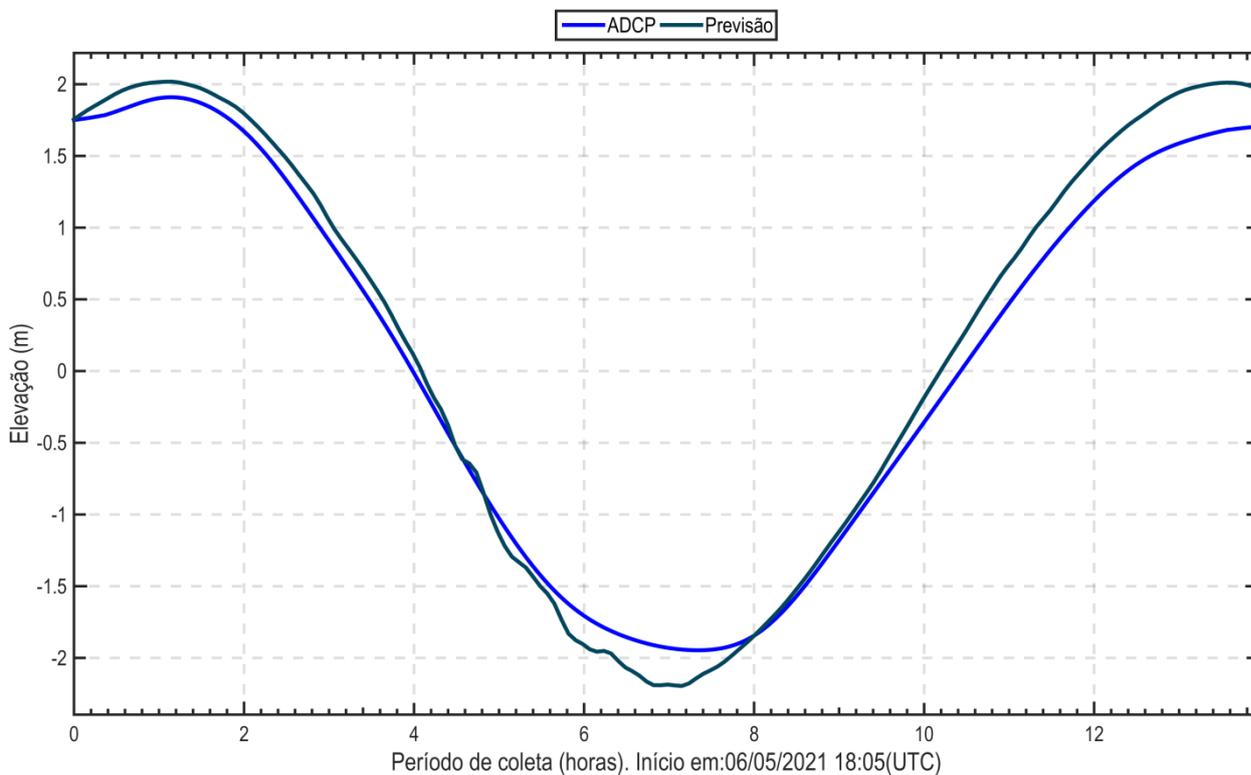


Figura 37: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

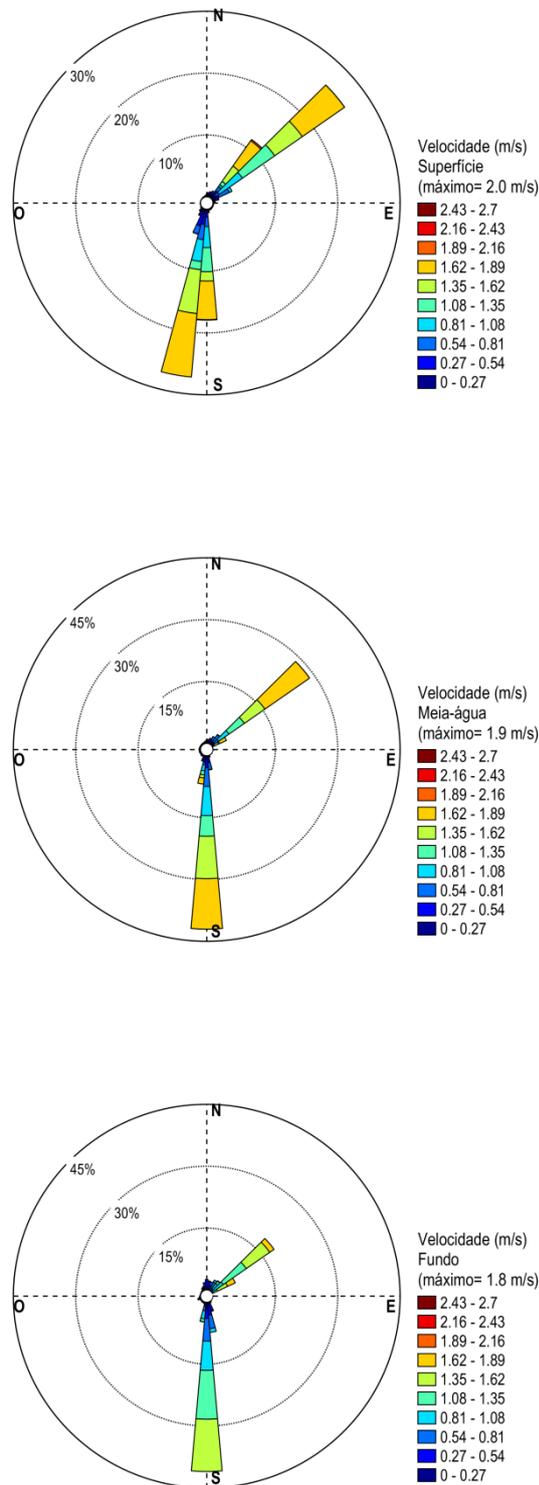


Figura 38: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PE-02.

#### 4.5.3 Análise integrada PE-02: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a enchente de sizígia, com um valor máximo de 2.7 m/s e direção 179.7 (S). Na quadratura, o máximo registrado foi de 1.96 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 27 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.74 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente pouca variação, com a maior diferença observada na sizígia, de 11 % (0.5 m/s), enquanto na quadratura foi de 8 % (0.16 m/s).

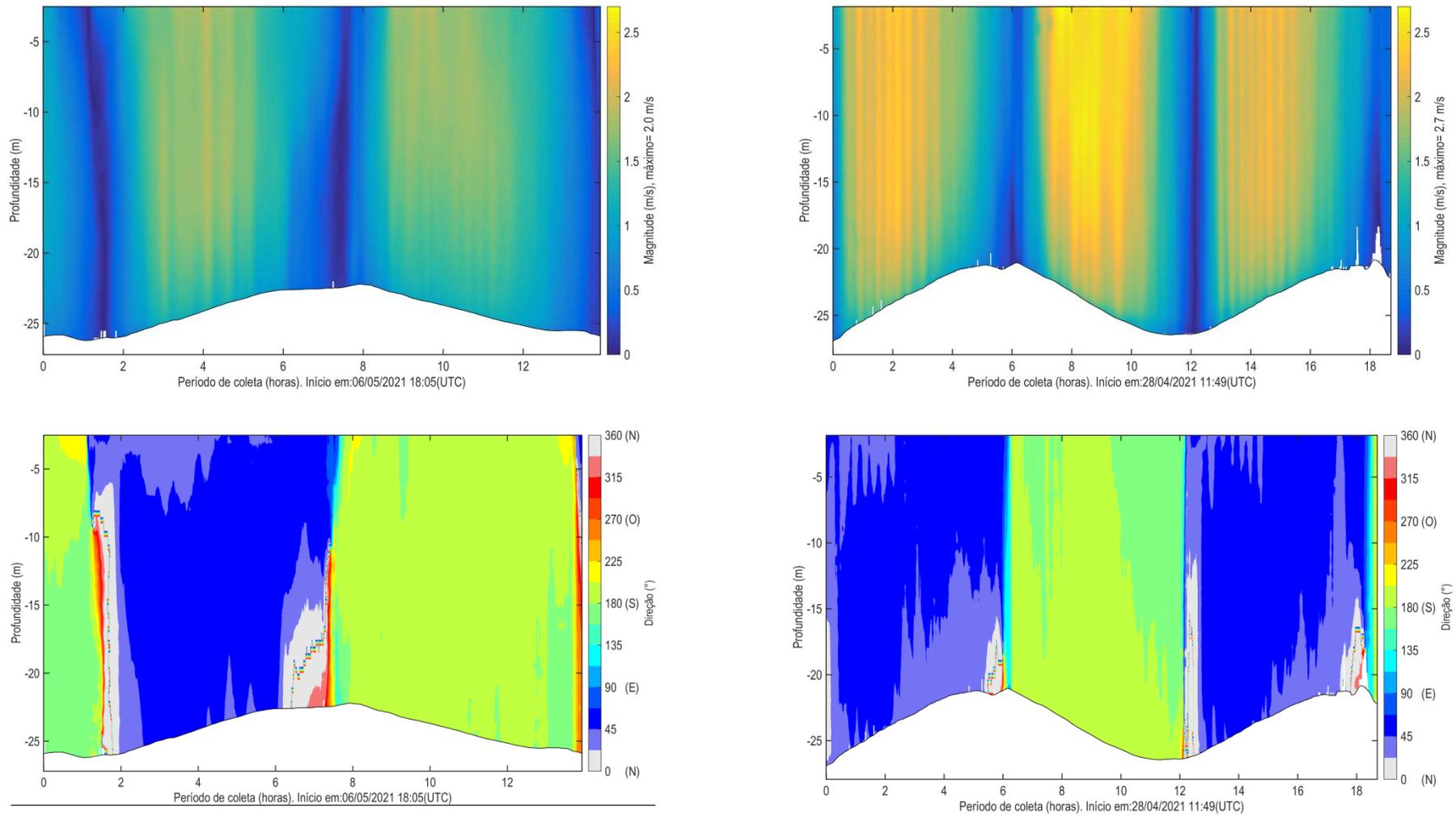


Figura 39: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PE-02.

## 4.6 ADCP PI-C4

### 4.6.1 Sizígia

O levantamento teve início 26/04/2021 18:49 (UTC) e se estendeu até 27/04/2021 11:27 (UTC), totalizando cerca de 16,5h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.2 m/s na região central da coluna d'água, a 4 m de 8,5 m de profundidade, no meio da vazante, enquanto a mínima de 0.0004 m/s foi registrada durante a preamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 6 e 8 horas de coleta (Figura 40), quando as maiores velocidades variaram em torno de 2.0 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 2,2 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 2.0 m/s), como se observa na Figura 40, Figura 42 e Figura 46.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 11.5 e 12 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.0 m/s, o que representa uma redução de 55% (1,2 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 42), com direção de vazante em torno de N e de enchente variando em torno de S – E. A deflexão das correntes de enchente entre a superfície e fundo de S para E possivelmente é devido a influência da morfologia do fundo na região de coleta, além da influência nas correntes pela da ilha localizada em frente do Porto de Itaqui.

A Tabela 12 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-03 durante o período de sizígia.

Tabela 12: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C4 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	2.2	0,0004
Direção	2.5	135
Período	Meio da vazante	Preamar
Hora de coleta	8,0	3.2
Data (UTC)	26/04/2021 02:50	25/04/2021 22:02
Profundidade (m) da medida	4.0	7.5
Profundidade da coluna de água (m)	8.5	21.5

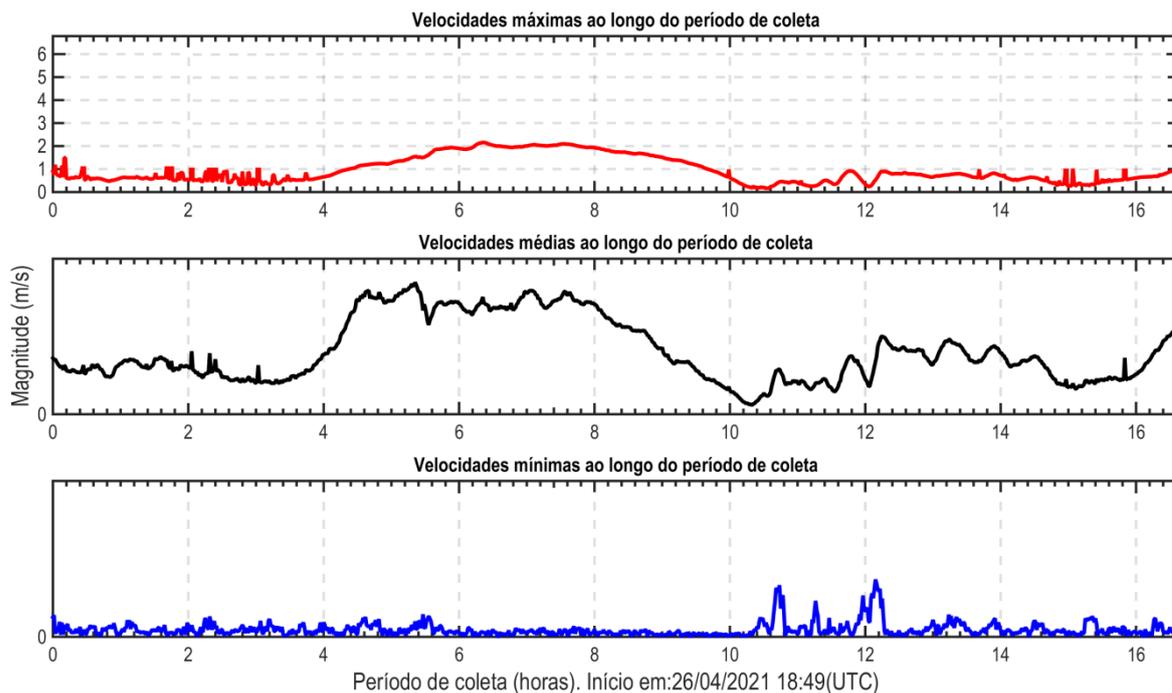


Figura 40: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizigia do ADCP PI-C4.

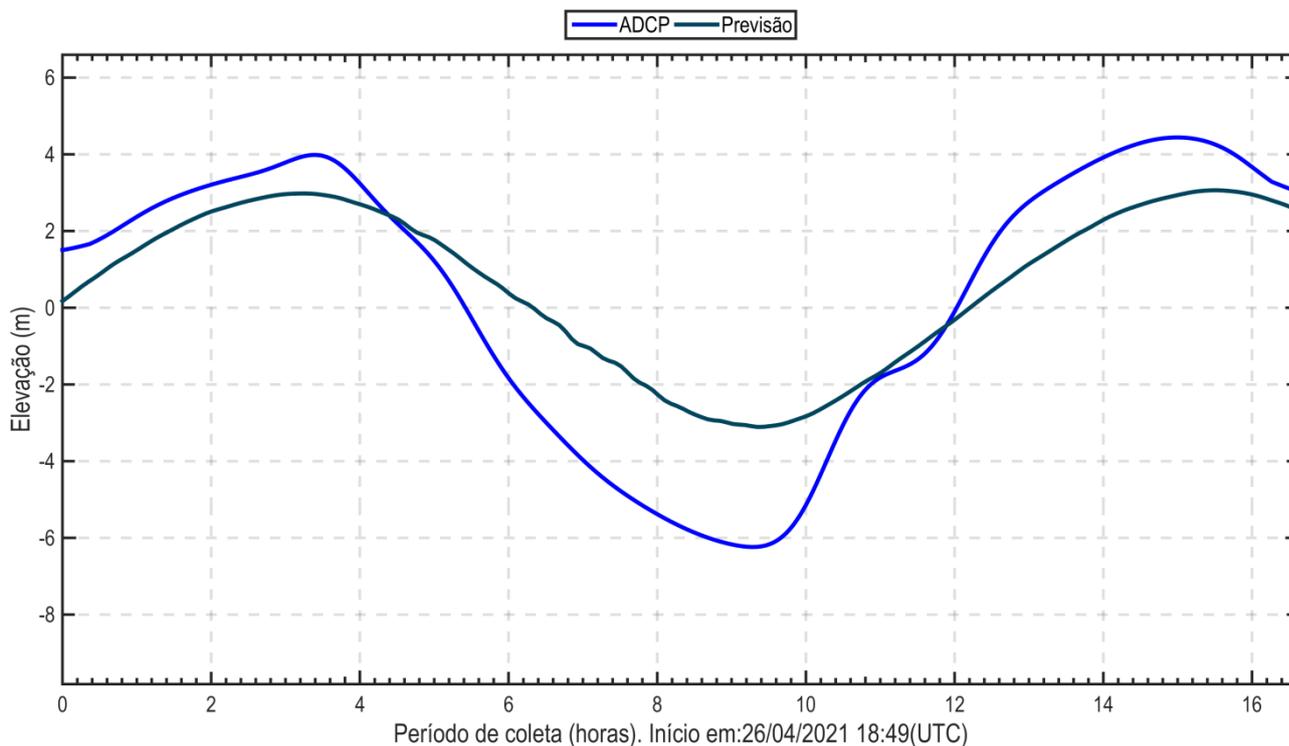


Figura 41: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizigia do ADCP PI-C4. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

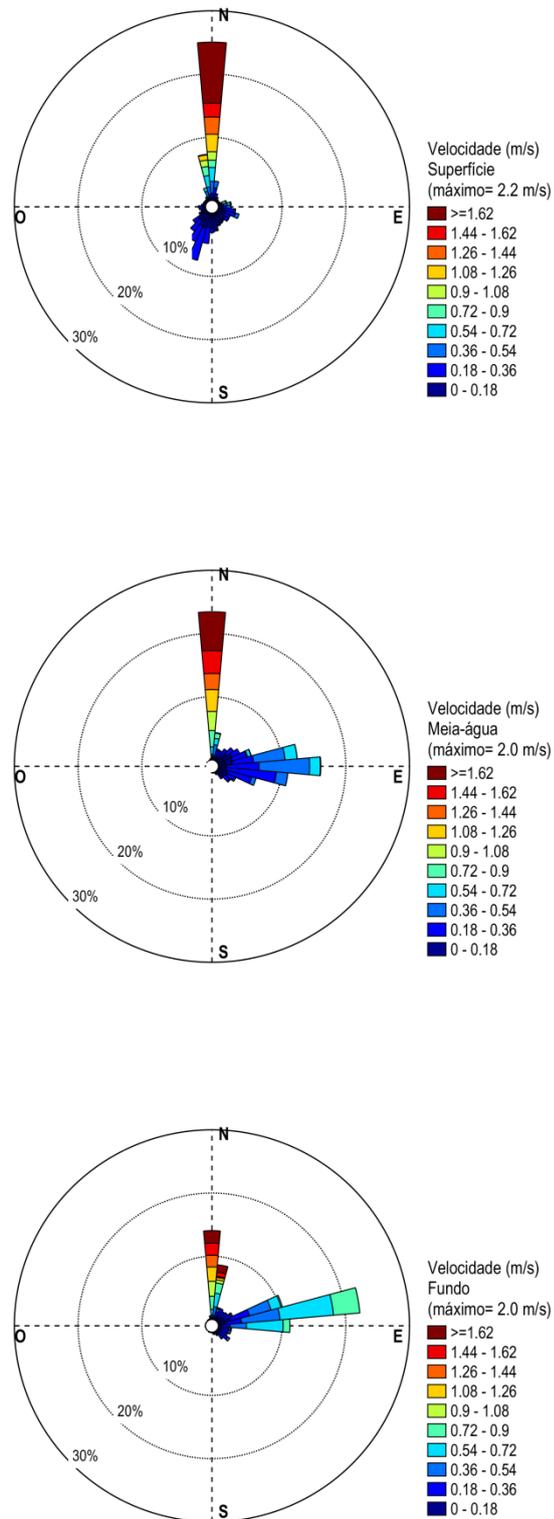


Figura 42: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C4.

#### 4.6.2 Quadratura

O levantamento teve início 04/05/2021 13:14 (UTC) e se estendeu até 05/05/2021 06:33 (UTC), totalizando cerca de 17,4 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.77 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.3 m de 12 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.0006 m/s, medida durante o início da vazante.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 7 e 8 horas de coleta (Figura 43 e Figura 44), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.6 m/s, com um máximo de 1.8 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 45 e Figura 46), com direções de vazante variando em torno de N-NE e de enchente em torno de SO, seguindo o alinhamento da baía de São José na região do ponto de coleta.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 0.8 m/s entre 11.5 h e 13.5 h, com um máximo de 1.1 m/s (Figura 43), o que representa uma redução de 21% (0.3 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar aos levantamentos realizados na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante na quadratura.

A Tabela 11 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-03 durante o período de quadratura.

Tabela 13: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C4 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.41	0.0006
Direção	23.4	327.7
Período	meio da vazante	início da enchente
Hora de coleta	6.2	12.8
Data (UTC)	18/03/2020 21:38	19/03/2020 4:14
Profundidade (m) da medida	6.2	14.7
Profundidade da coluna de água (m)	29.7	30.2

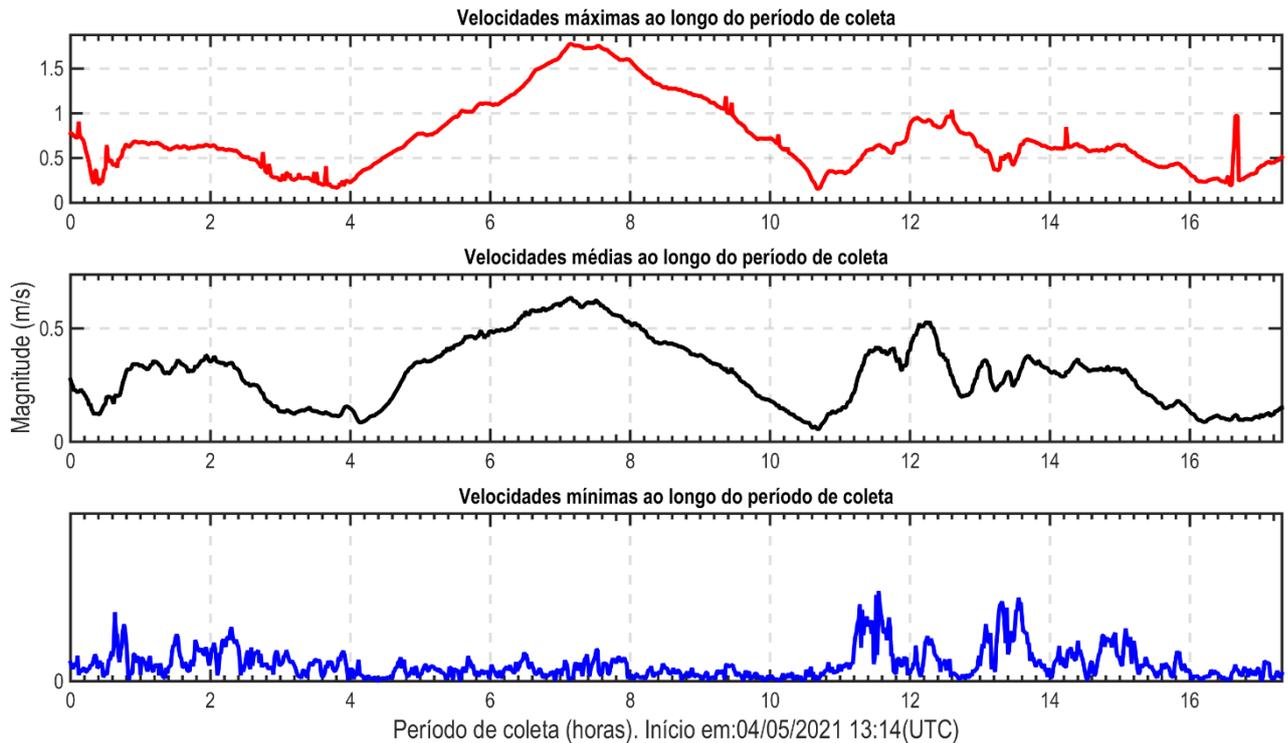


Figura 43: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C4.

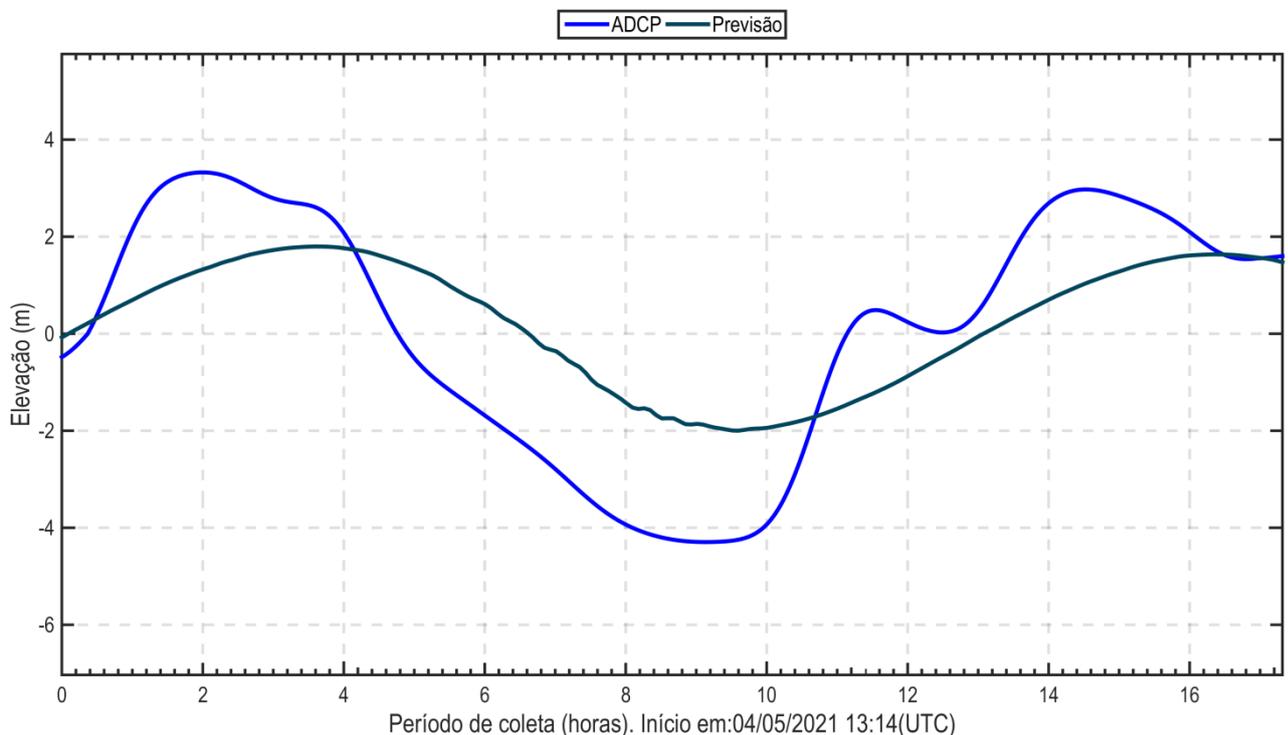


Figura 44: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C4. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DNH para o Terminal de Ponta da Madeira.

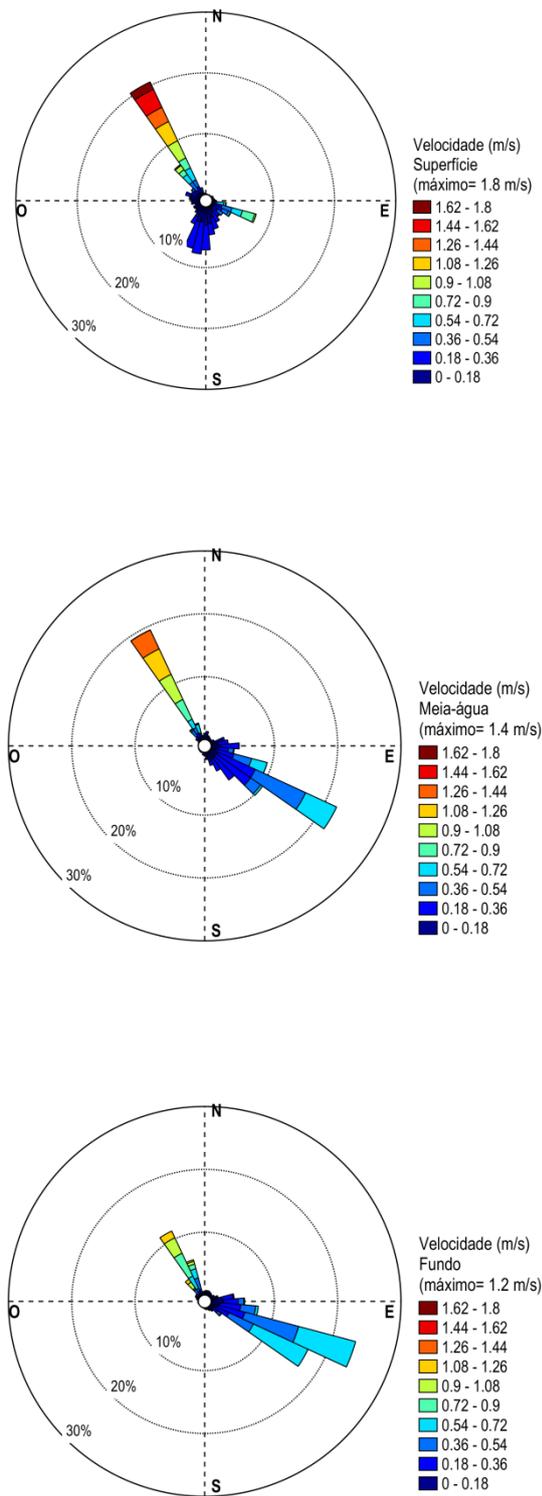


Figura 45: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C4.

#### 4.6.3 Análise integrada PI-C4: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 3.14 m/s e direção 37.1 (NE). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.41 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 55 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 1.73 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com a maior diferença observada na sizígia, de 24 % (0.74 m/s), enquanto na quadratura foi de 21% (0.3 m/s).

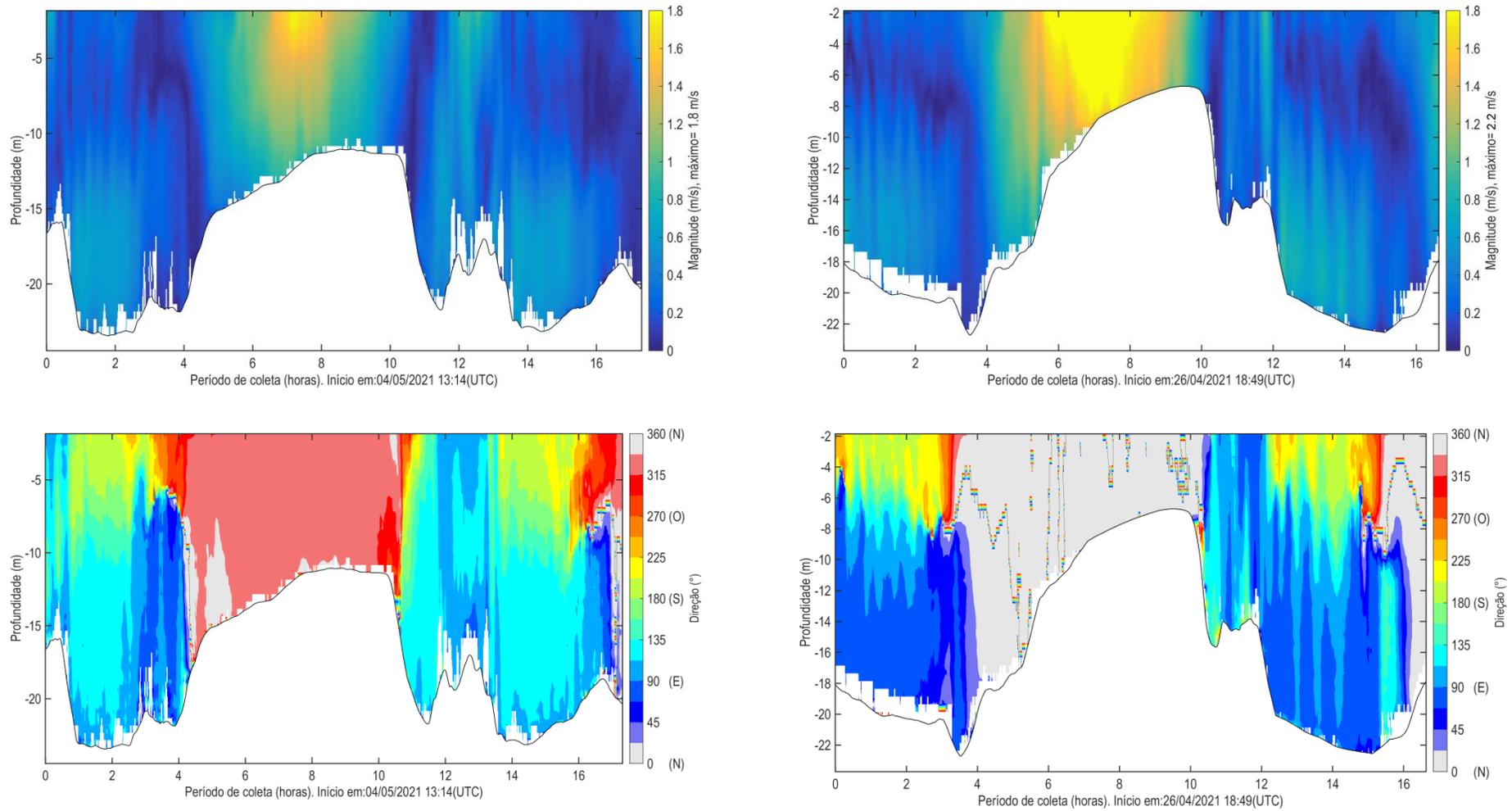


Figura 46: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C4.

## 4.7 ADCP PI-C6

### 4.7.1 Sizígia

O levantamento teve início 26/04/2021 17:20 (UTC) e se estendeu até 27/04/2021 11:11 (UTC), totalizando cerca de 18hs de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.01 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.4 m de 20.2 m de profundidade, no meio da vazante, enquanto a mínima de 0.01 m/s foi registrada durante final da enchente.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 6.5 e 9.5 horas de coleta (Figura 47), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.9 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 2.0 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.7 m/s), como se observa na Figura 47 e Figura 50.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 13.5 e 14.5 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.2 m/s, o que representa uma redução de 40% (0.81 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente unidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 49), com direção predominante entorno de NO e NNO principalmente na superfície. Durante a enchente, foram observadas correntes variando em torno de SE e ESE, principalmente no meio e fundo seguindo o alinhamento do canal em frente do porto de Itaqui (Figura 50).

A Tabela 14 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PI-C6 durante o período de sizígia.

Tabela 14: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C6 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	2.01	0.00
Direção	328.57	255.63
Período	Meio da vazante	Fim da enchente
Hora de coleta	7.32	3.15
Data (UTC)	27/4/21 0:39	26/4/21 20:29
Profundidade (m) da medida	2.43	14.5
Profundidade da coluna de água (m)	20.2	16.0

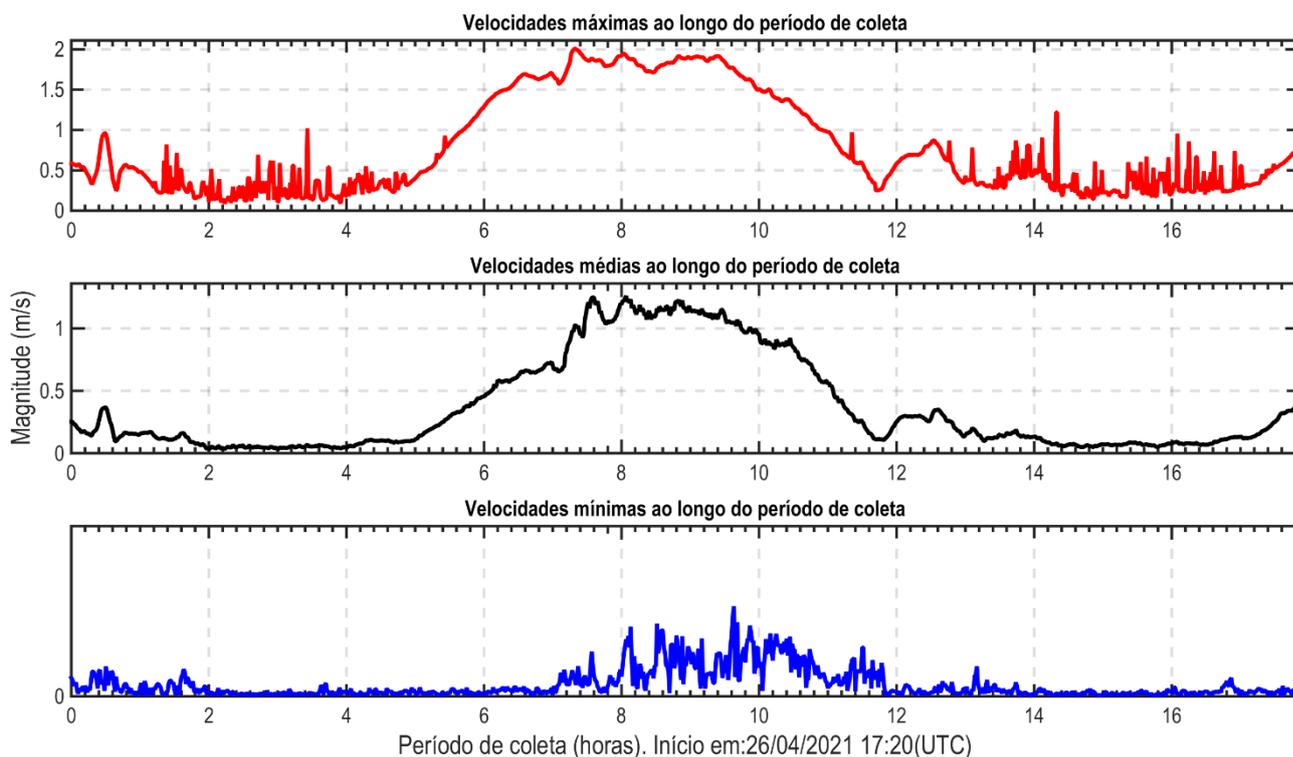


Figura 47: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6.

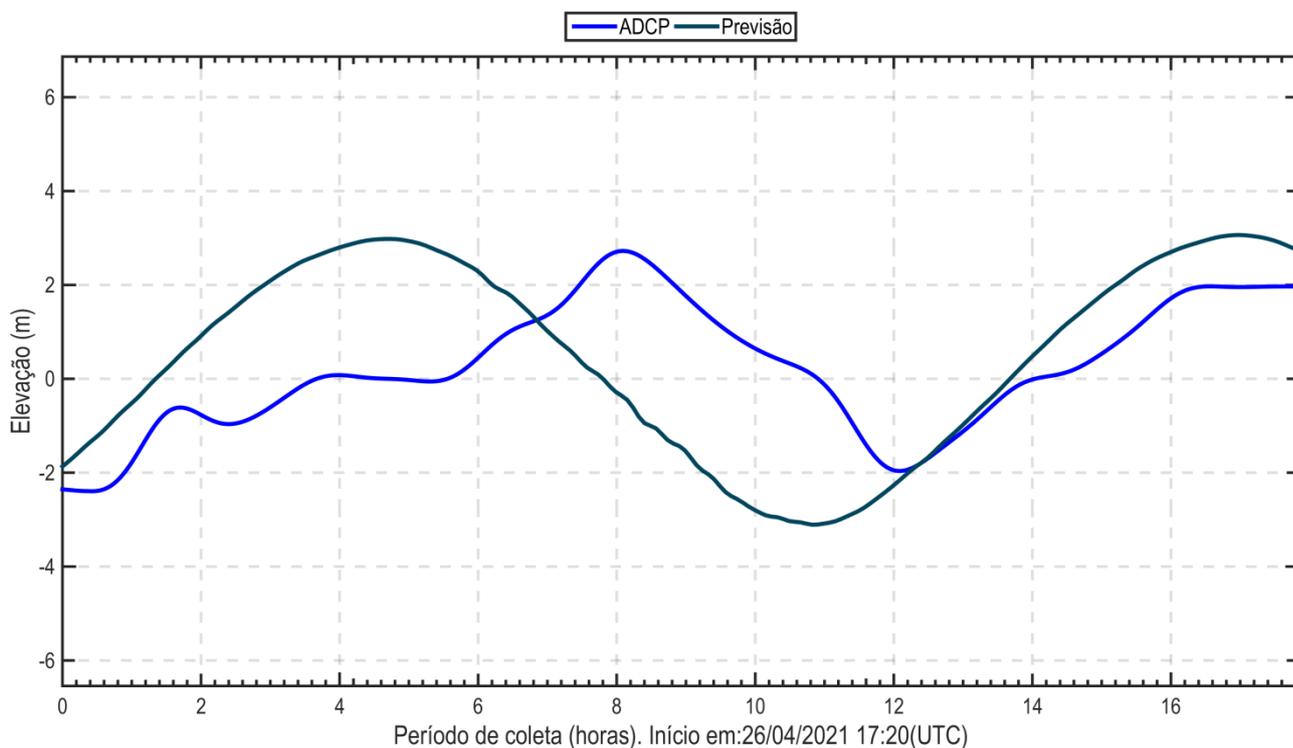


Figura 48: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

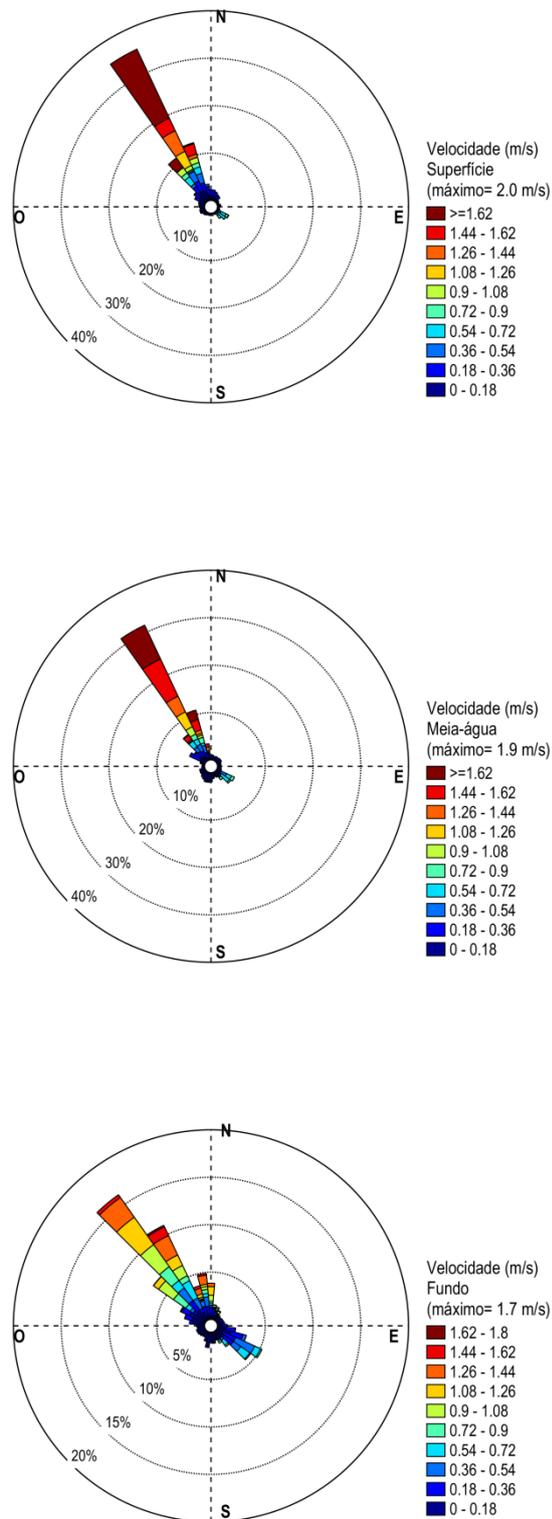


Figura 49: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C6.

#### 4.7.2 Quadratura

O levantamento teve início 04/05/2021 12:09 (UTC) e se estendeu até 05/05/2021 06:10 (UTC), totalizando cerca de 18 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.00 m/s na região próxima à superfície, a 3.5 m de 18.5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.002 m/s, medida durante a baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 8.0 e 9.5 horas de coleta (Figura 50), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.8 m/s, com um valor máximo de 2.0 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 52), com direções de vazante variando em torno de N e de enchente em torno de ESE e E. Esse direcionamento das correntes na enchente possivelmente é influenciado pela interação das correntes com a morfologia de fundo e a ilha em frente ao Porto de Itaqui.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 1.0 m/s entre 0 h e 1 h, com um máximo de 1.2 m/s (Figura 50 e Figura 53), o que representa uma redução de 40% (0.8 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante.

A Tabela 15 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PI-C6 durante o período de quadratura.

Tabela 15: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C6 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
<b>Magnitude (m/s)</b>	2.00	0.002
<b>Direção</b>	5.3	278.7
<b>Período</b>	Meio da vazante	Baixamar
<b>Hora de coleta</b>	8.5	5.5
<b>Data (UTC)</b>	04/05/2021 20:39	04/05/2021 23:57
<b>Profundidade (m) da medida</b>	3.5	11.1
<b>Profundidade da coluna de água (m)</b>	18.5	17.0

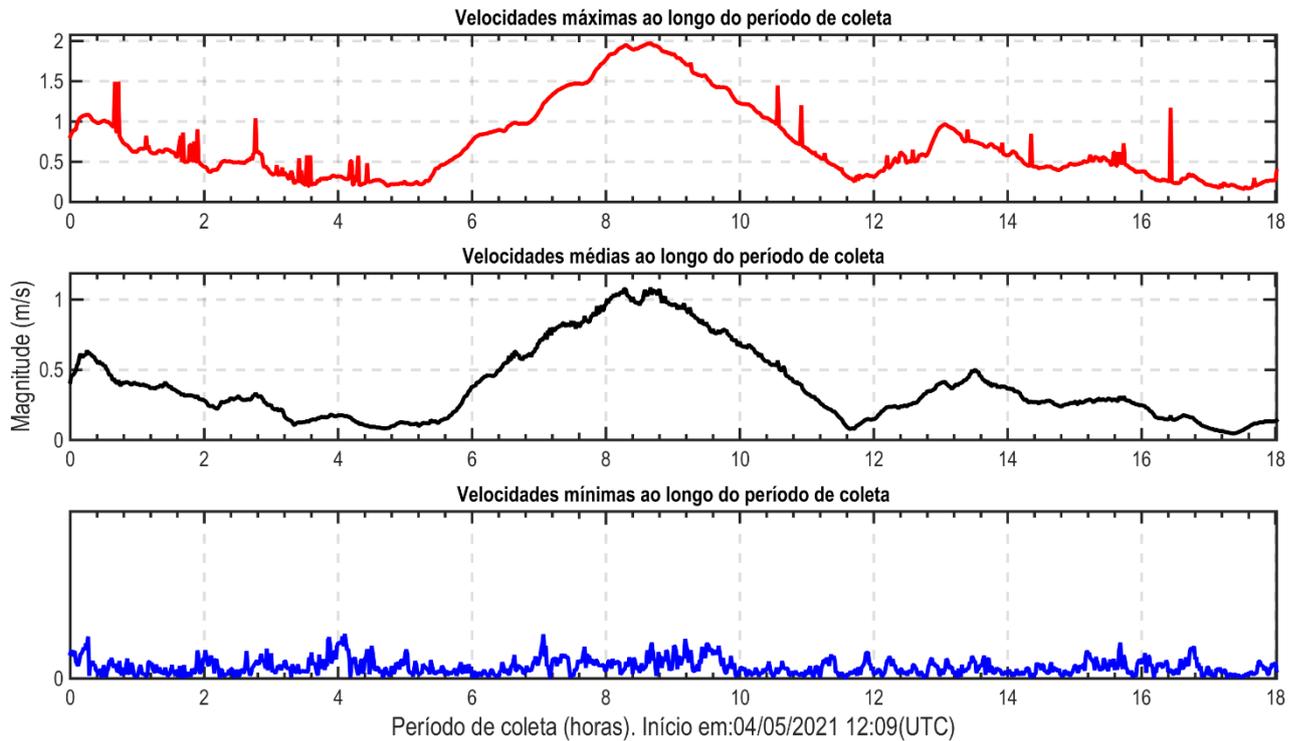


Figura 50: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C6.

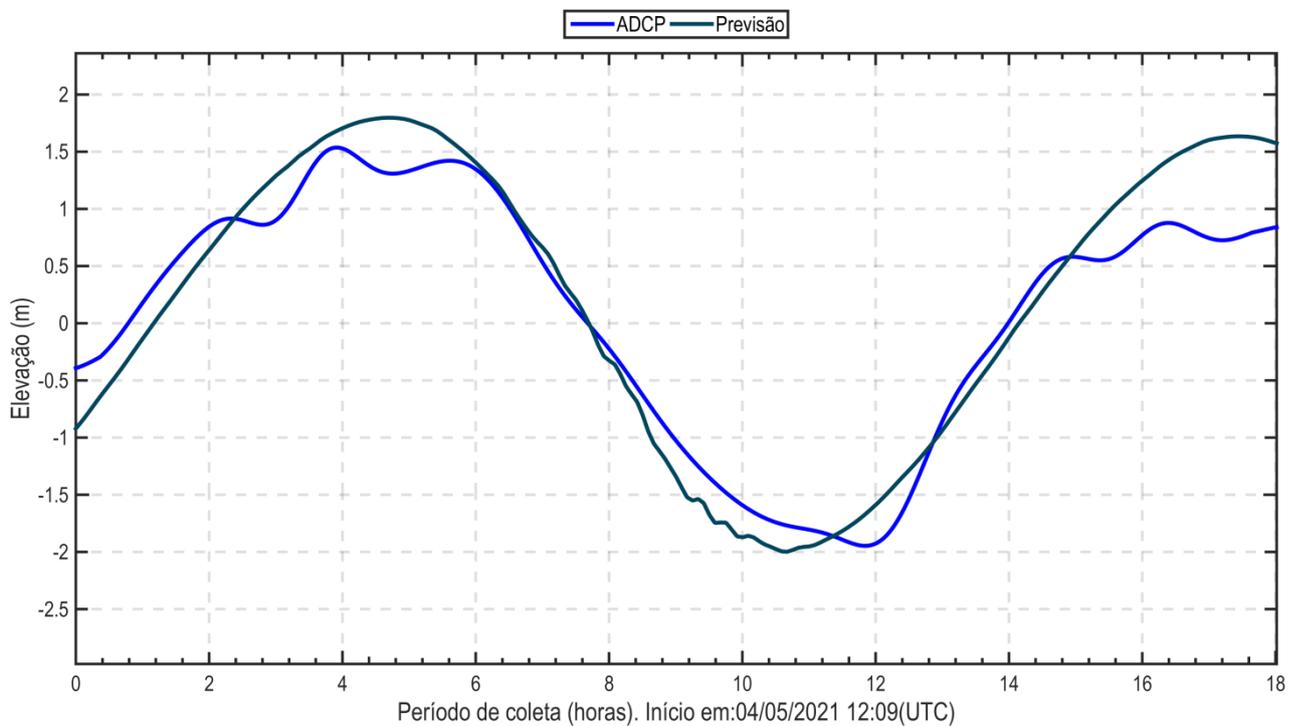


Figura 51: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C6. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DNH para o Terminal de Ponta da Madeira.

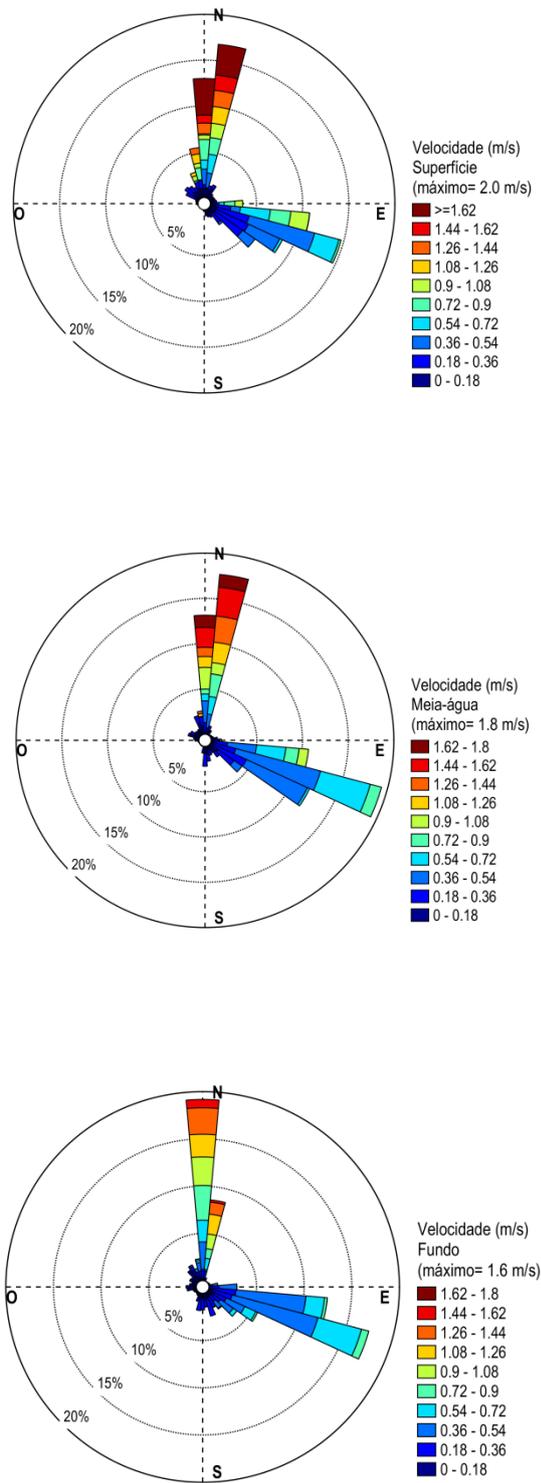


Figura 52: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C6.

#### 4.7.3 Análise integrada PI-C6: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 2.01 m/s e direção 326.6 (NNO). Na quadratura o máximo registrado foi de 2.00 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 40% (0.8 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

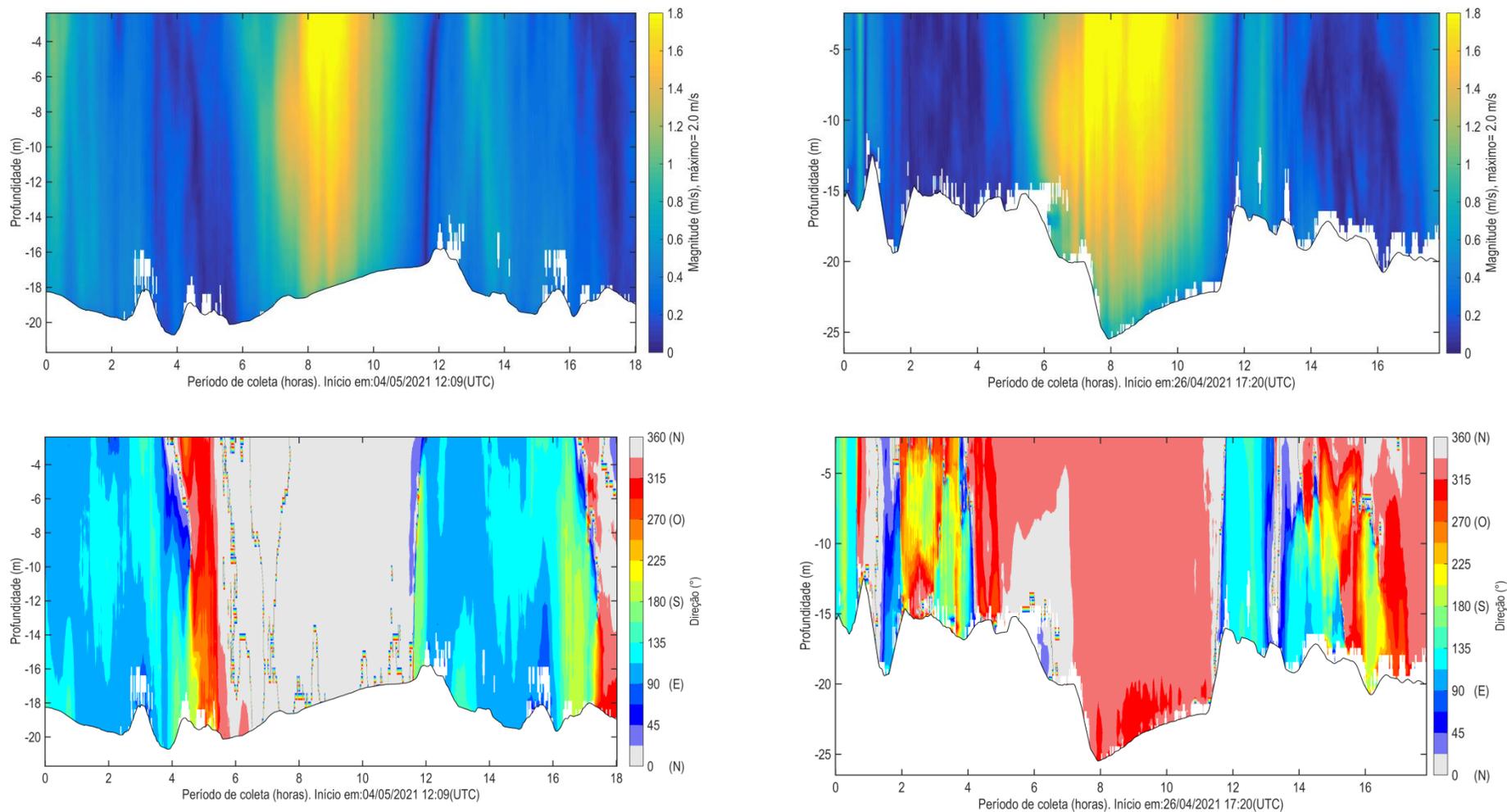


Figura 53: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C6.

## 4.8 ADCP PI-C7

### 4.8.1 Sizígia

O levantamento teve início 27/04/2021 14:37 (UTC) e se estendeu até 28/04/2021 5:52 (UTC), totalizando cerca de 18hs de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.48 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.8 m de 16 m de profundidade, no meio da enchente, enquanto a mínima de 0.001 m/s foi registrada durante a baixamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a enchente entre 4 e 5 horas de coleta (Figura 54), quando as maiores velocidades variaram em torno de 2.2 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 2.5 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1,9 m/s), como se observa na Figura 54 e Figura 60.

Durante a vazante, as maiores velocidades ocorreram entre 10.5 e 11.5 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 2.3 m/s, o que representa uma redução de apenas 8% (0.2 m/s) em relação à máxima da enchente.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 56), com direção predominante entorno de N durante a vazante e para direção ESE durante a enchente. Durante a enchente, a direção dessas correntes possivelmente se deve a sua interação com a morfologia de fundo e áreas mais rasas entorno da área de coleta dos dados (Figura 56).

A Tabela 14 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PI-C7 durante o período de sizígia.

Tabela 16: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C7 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	2.48	0.001
Direção	115.2	255.63
Período	Meio da enchente	Baixamar
Hora de coleta	4.3	2.02
Data (UTC)	27/4/21 19:40	27/4/21 17:16
Profundidade (m) da medida	2.5	6.5
Profundidade da coluna de água (m)	16.0	11.5

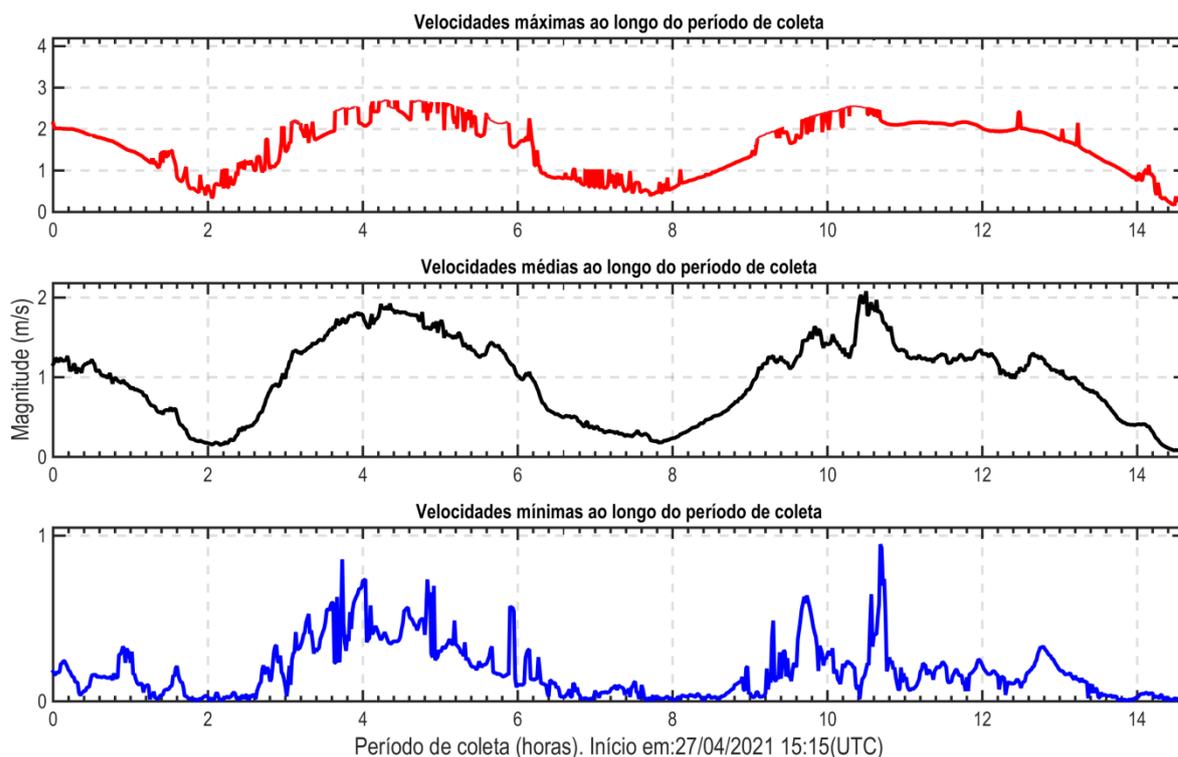


Figura 54: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C7.

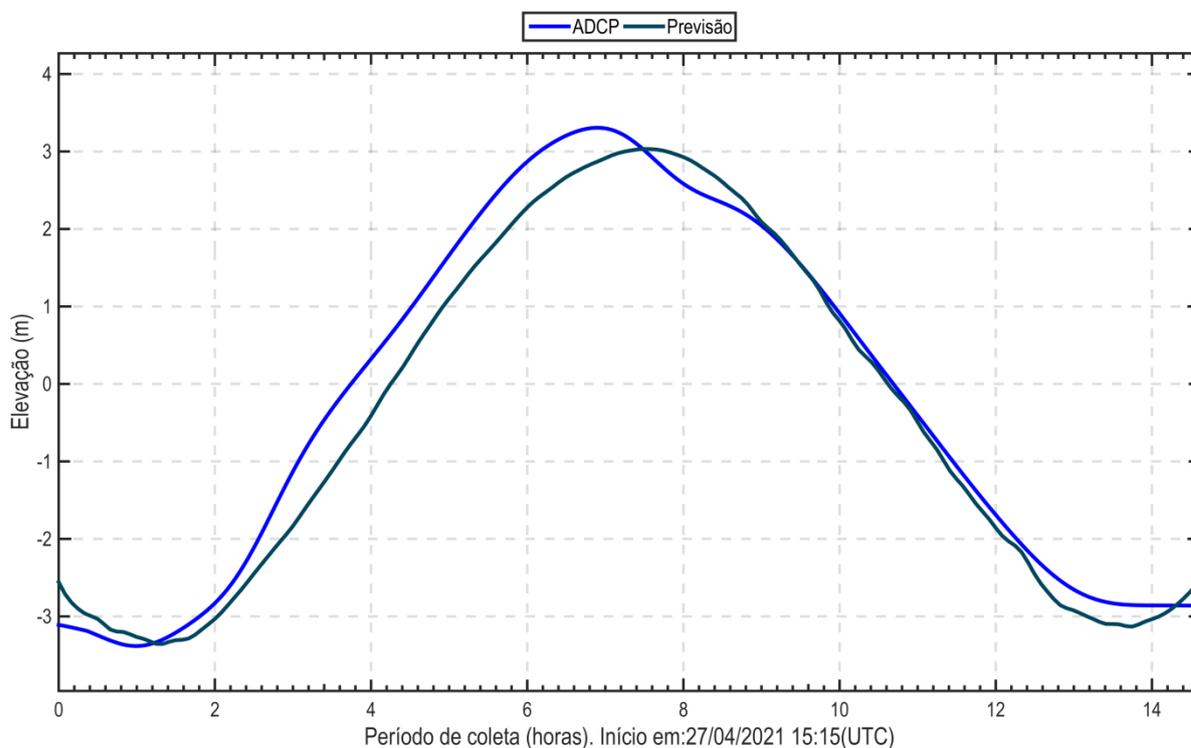


Figura 55: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C7. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

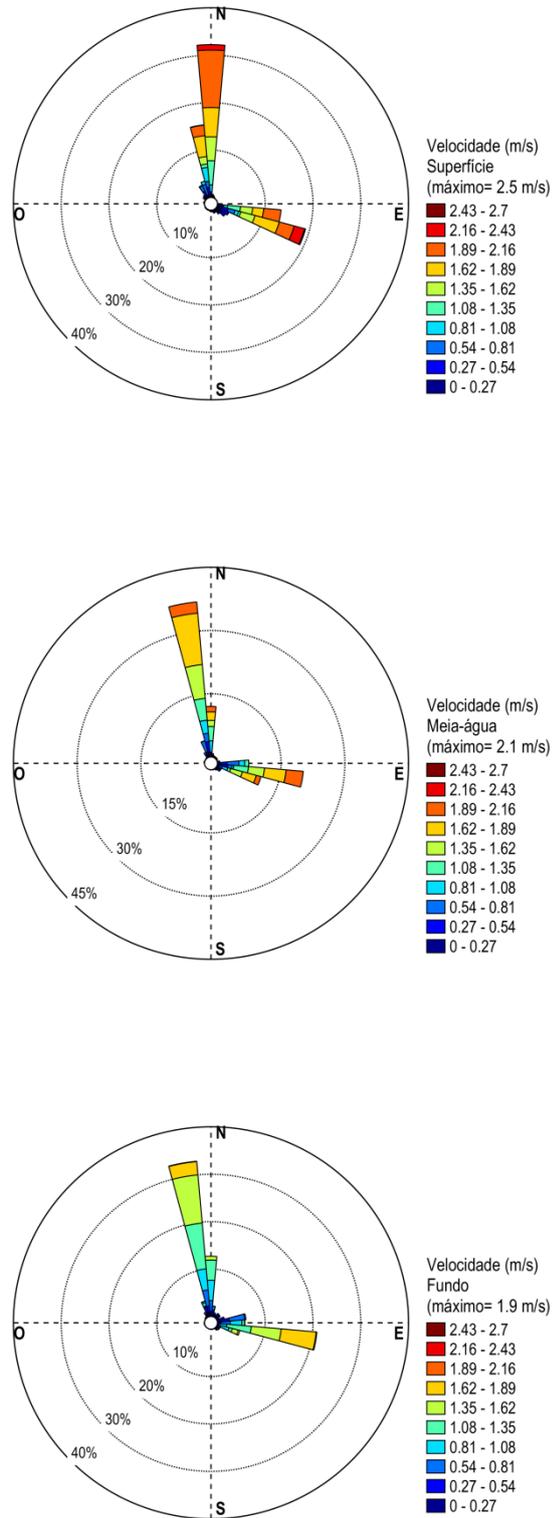


Figura 56: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C7.

#### 4.8.2 Quadratura

O levantamento teve início 05/05/2021 9:40 (UTC) e se estendeu até 05/05/2021 23:31 (UTC), totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.78 m/s na região próxima à superfície, a 1.8 m de 14.5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.002 m/s, medida durante a baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 11.5 e 12.5 horas de coleta (Figura 57), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.6 m/s, com um valor máximo de 1.8 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 59), com direções de vazante variando em torno de NO e de enchente em torno de ESE. Esse direcionamento das correntes na enchente possivelmente é influenciado pela interação das correntes com a morfologia de fundo e a ilha em frente ao Porto de Itaqui.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 1.5 m/s entre 4.5 h e 5.5 h, com um máximo de 1.6 m/s (Figura 57 e Figura 53), o que representa uma redução de 10% (0.18 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira contrária ao observado na sizígia, as maiores velocidades na quadratura ocorreram durante os períodos de vazante.

A Tabela 17 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PI-C7 durante o período de quadratura.

Tabela 17: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C7 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
<b>Magnitude (m/s)</b>	1.78	0.002
<b>Direção</b>	323.6	278.7
<b>Período</b>	Meio da vazante	Baixamar
<b>Hora de coleta</b>	8.5	3.1
<b>Data (UTC)</b>	05/05/2021 21:45	05/05/2021 12:15
<b>Profundidade (m) da medida</b>	1.8	6
<b>Profundidade da coluna de água (m)</b>	14.5	14.0

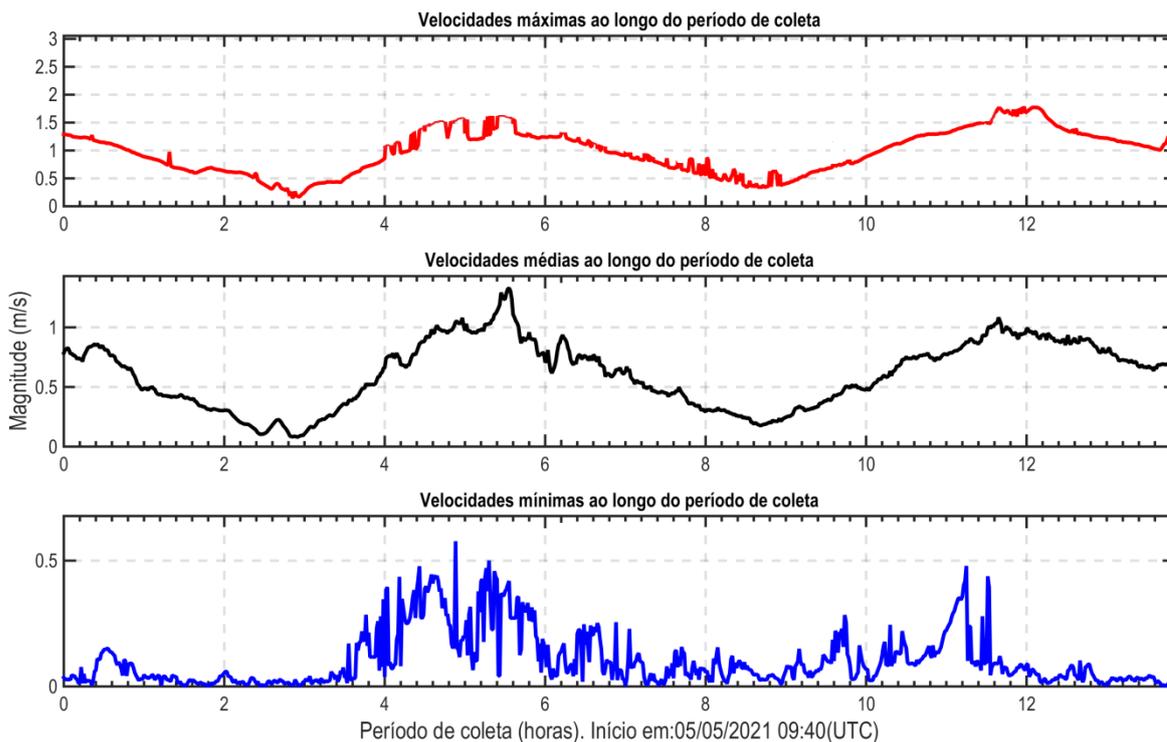


Figura 57: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C7.

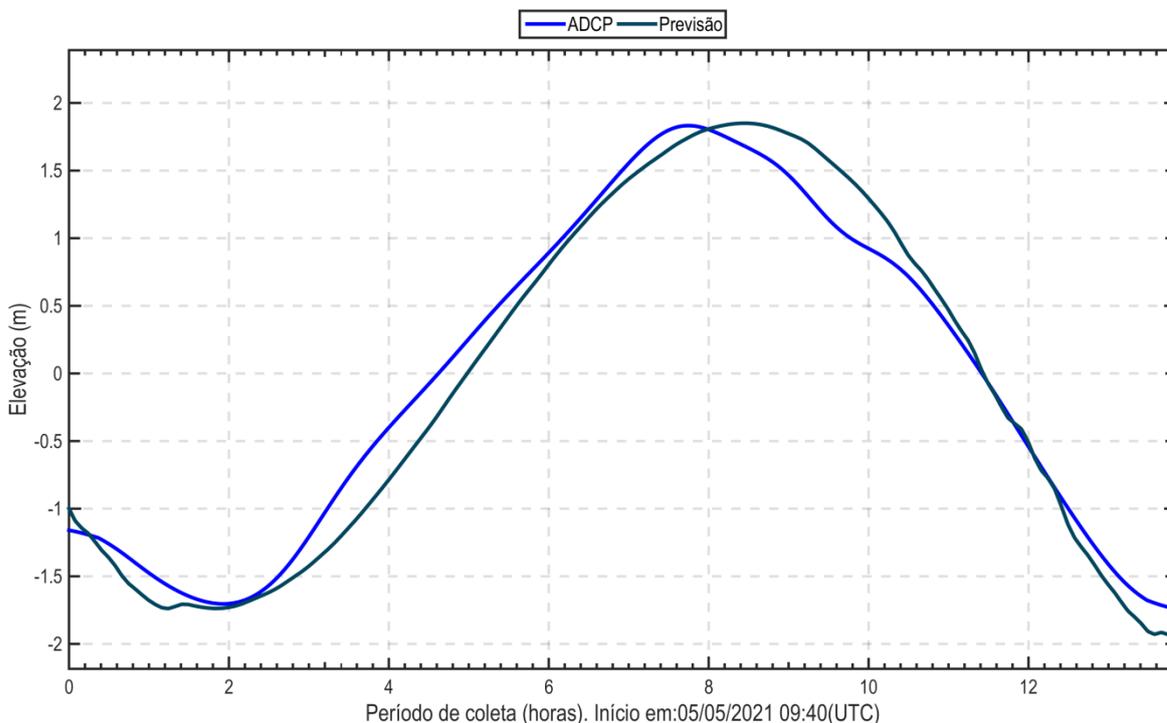


Figura 58: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C7. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

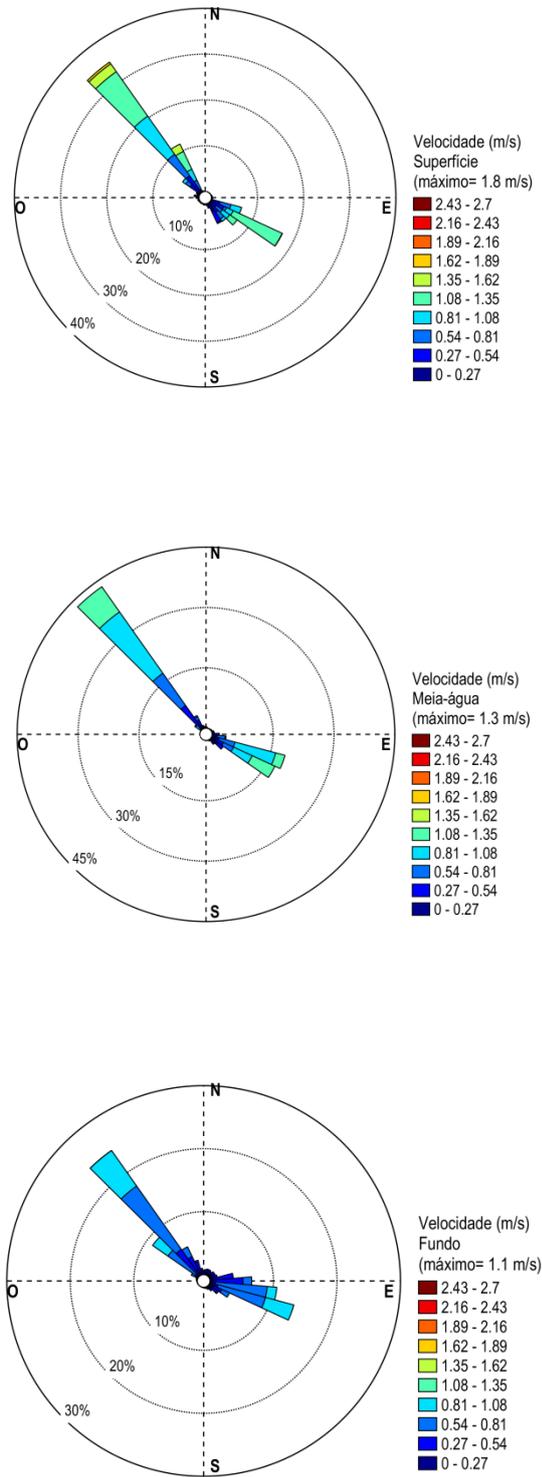


Figura 59: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C7.

#### 4.8.3 Análise integrada PI-C7: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a enchente de sizígia, com um valor máximo de 2.48 m/s e direção 115 (ESE). Na quadratura, o máximo registrado foi de 1.78 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 28% (0.7 m/s) da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente não apresentaram diferenças expressivas, com redução de 8 % (0.2 m/s) e 10% (0.18 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

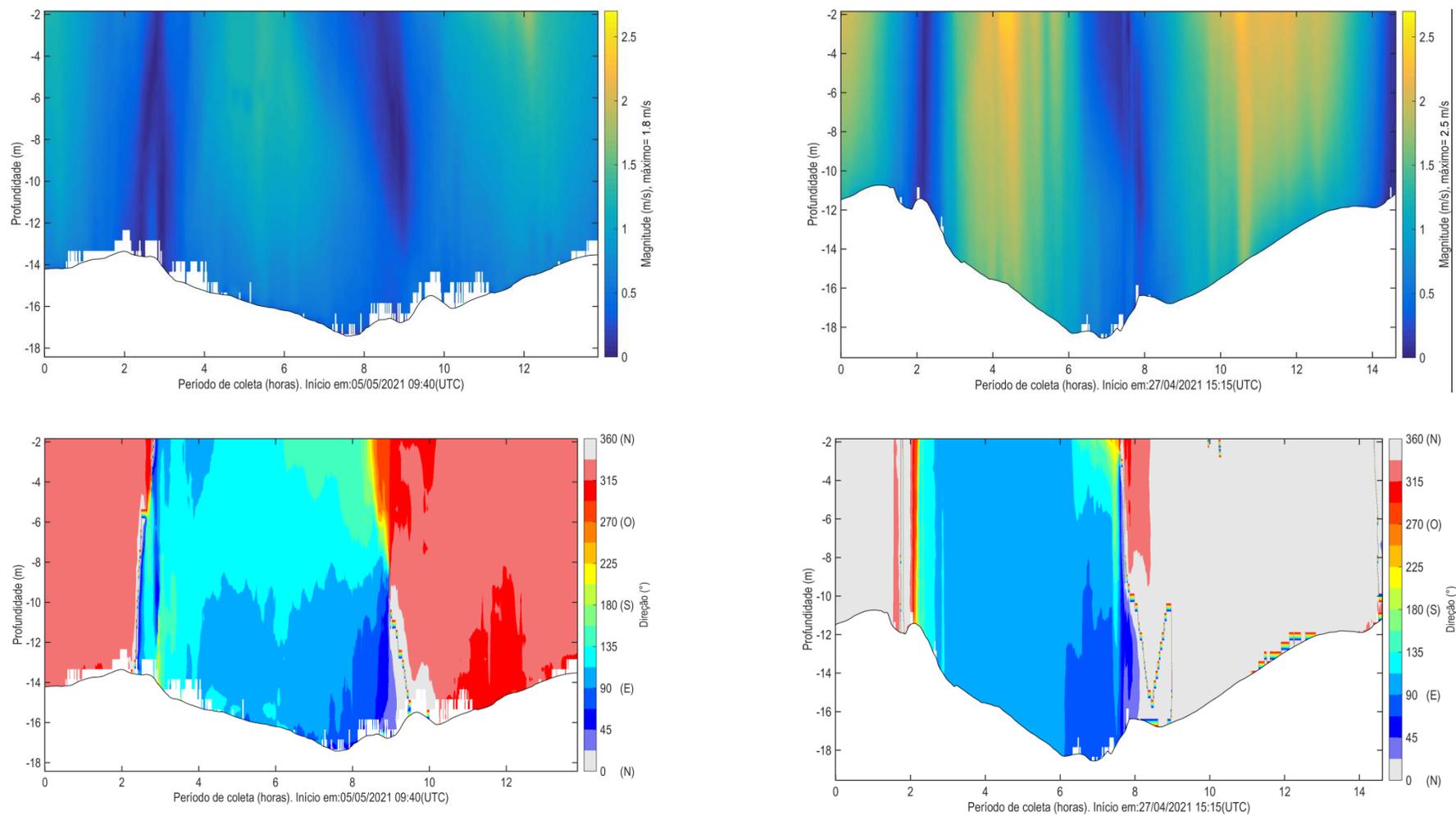


Figura 60: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C7.

## 4.9 ADCP PI-C8

### 4.9.1 Sizígia

O levantamento teve início 25/04/2021 20:30 (UTC) e se estendeu até 26/04/2021 13:21 (UTC), totalizando cerca de 17 hs de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.49 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.9 m de 20 m de profundidade, no meio da vazante, enquanto a mínima de 0.0005 m/s foi registrada durante baixamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 3.0 e 4.0 horas de coleta (Figura 61), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.0 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 1.5 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.1 m/s), como se observa na Figura 63 e Figura 67.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 8.5 e 9.0 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.0 m/s, o que representa uma redução de 33% (0.49 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente unidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 63), com direção predominante entorno de N principalmente na superfície. Durante a enchente, foram observadas correntes variando em torno de SE e ESE, principalmente no meio e fundo em direção à região mais rasa intermaré. (Figura 67).

A Tabela 18 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PI-C8 durante o período de sizígia.

Tabela 18: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PI-C8 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.49	0.0005
Direção	1.24	102.19
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	4.0	7.58
Data (UTC)	25/4/21 0:26	26/04/2021 4:05
Profundidade (m) da medida	1.9	14.0
Profundidade da coluna de água (m)	20.0	17.0

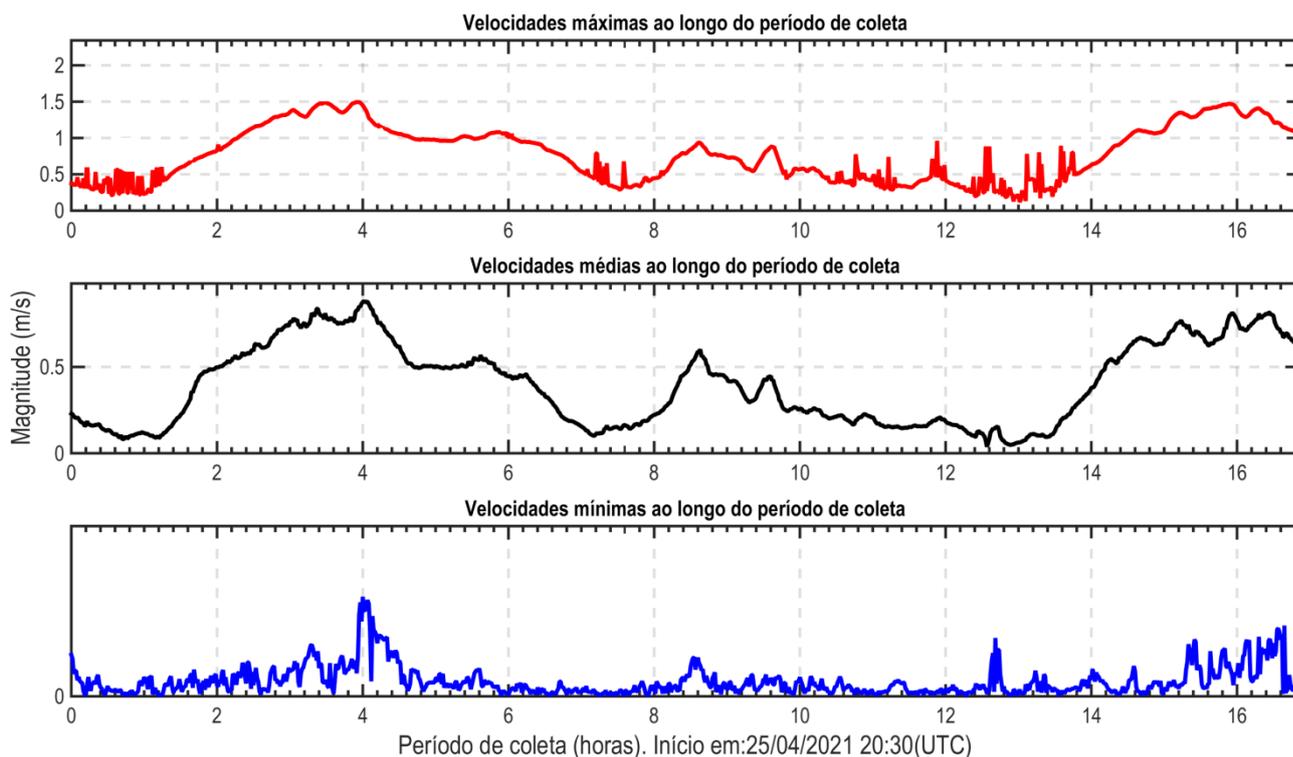


Figura 61: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP PI-C8.

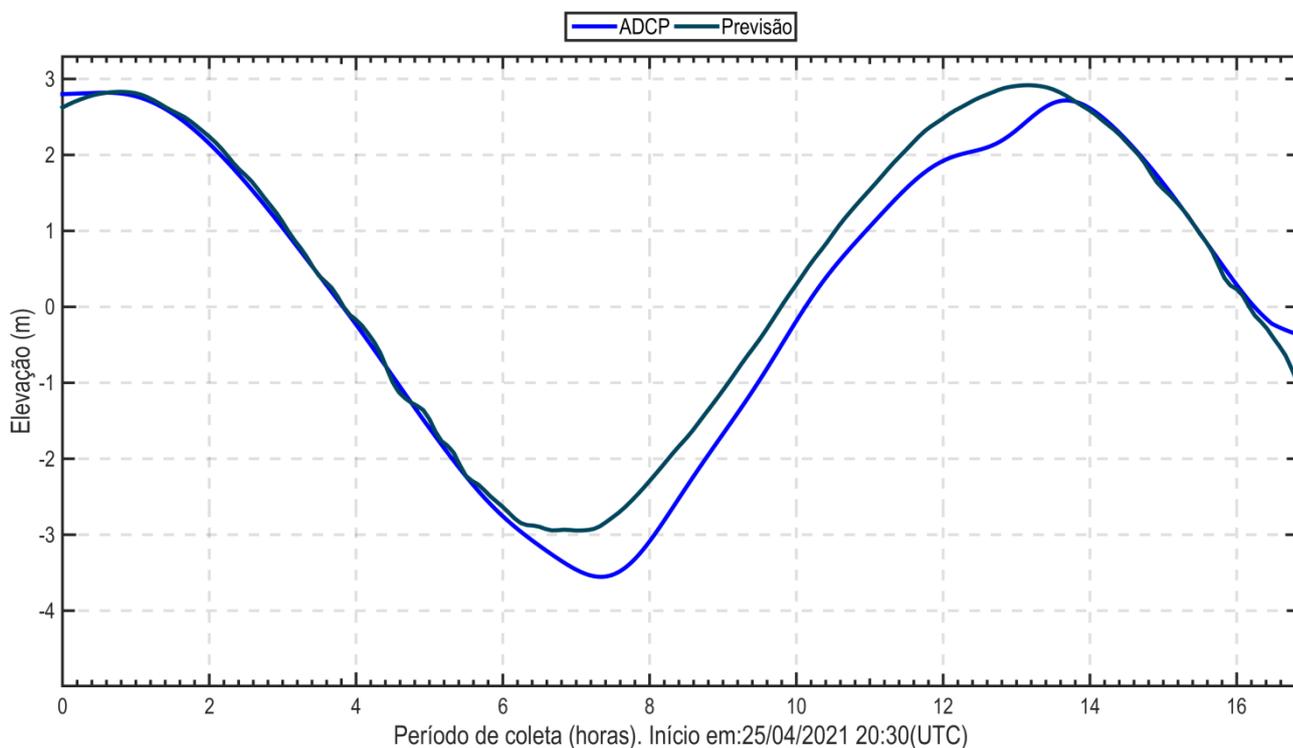


Figura 62: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C8. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

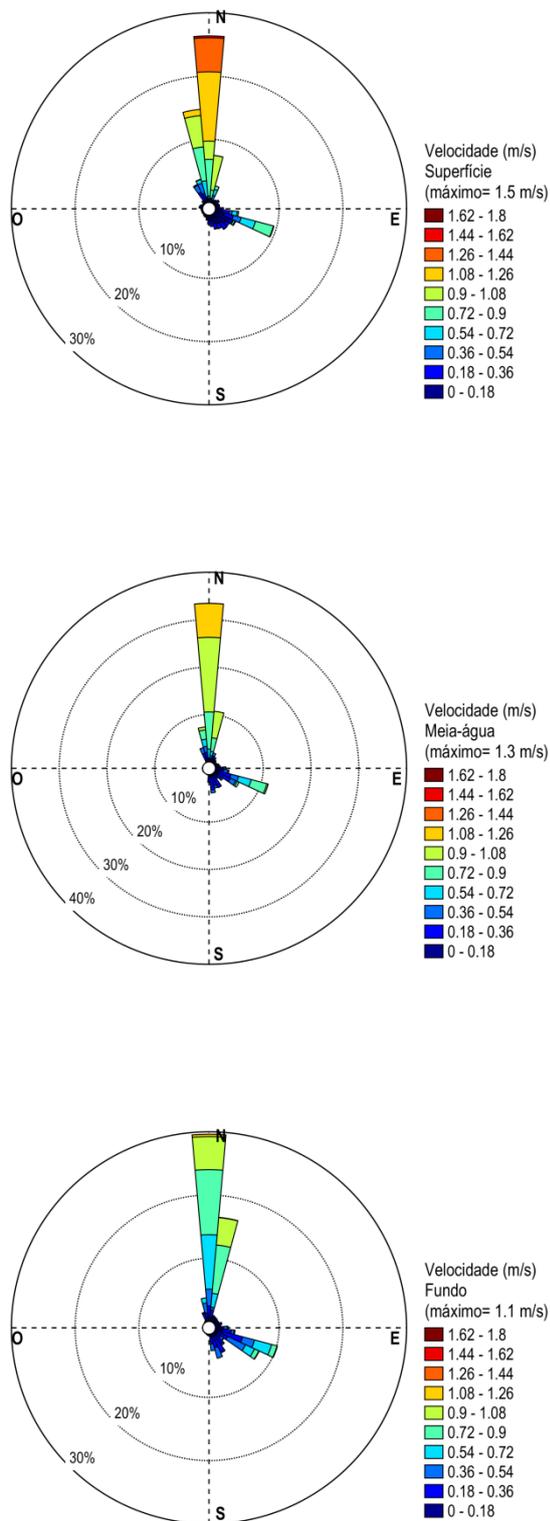


Figura 63: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PI-C8.

#### 4.9.2 Quadratura

O levantamento teve início 03/05/2021 20:36 (UTC) e se estendeu até 04/05/2021 11:01 (UTC), totalizando cerca de 14,5 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.32 m/s na região próxima à superfície, a 3.5 m de 19.0 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.0003 m/s, medida durante a preamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 11 e 12 horas de coleta (Figura 64), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.2 m/s, com um valor máximo de 1.3 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 66), com direções de vazante variando em torno de N e NNE e de enchente em torno de ESSE, direcionado para a região mais rasa intermaré.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 0.8 m/s entre 2.5 h e 4.0 h, com um máximo de 0.95 m/s (Figura 64 e 66), o que representa uma redução de 28% (0.37 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante.

A Tabela 19 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PI-C8 durante o período de quadratura.

Tabela 19: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PI-C8 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.32	0.0003
Direção	11.8	120.63
Período	Meio da vazante	Preamar
Hora de coleta	11.3	7.6
Data (UTC)	04/05/2021 7:55	04/05/2021 4:14
Profundidade (m) da medida	3.5	3.0
Profundidade da coluna de água (m)	19.0	21.0

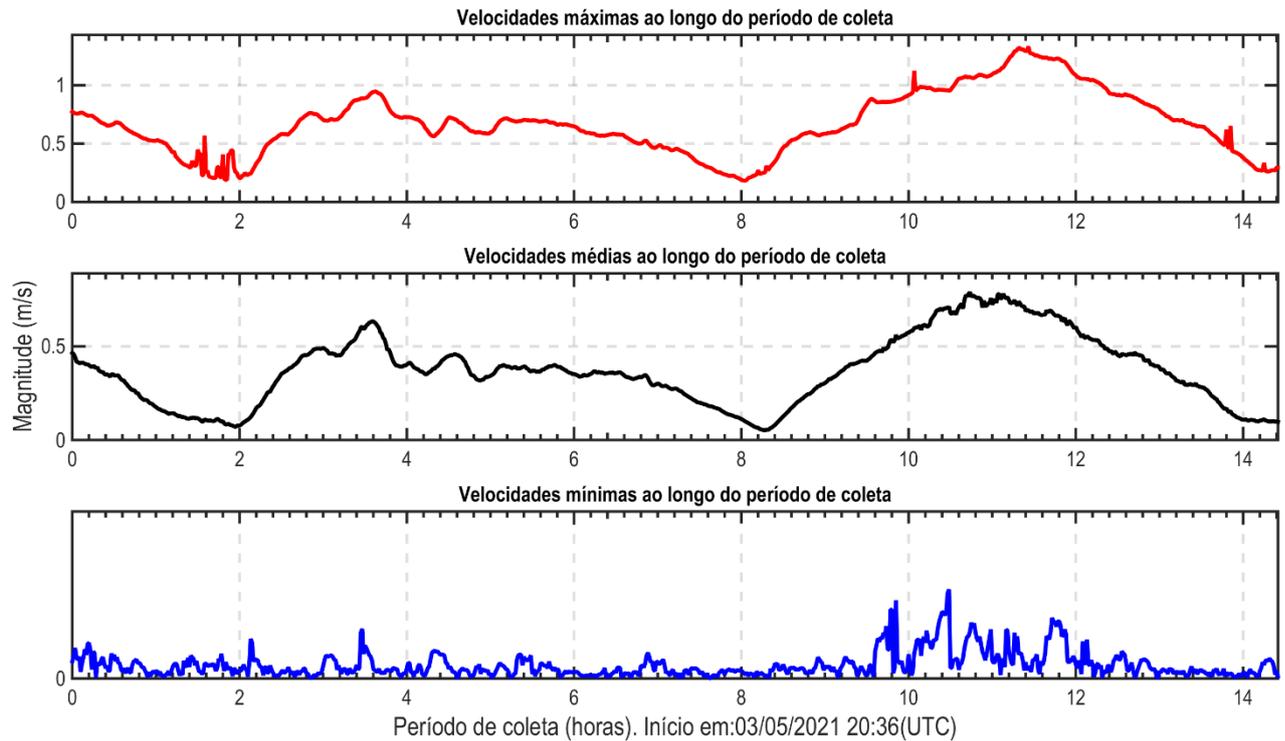


Figura 64: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP PI-C8.

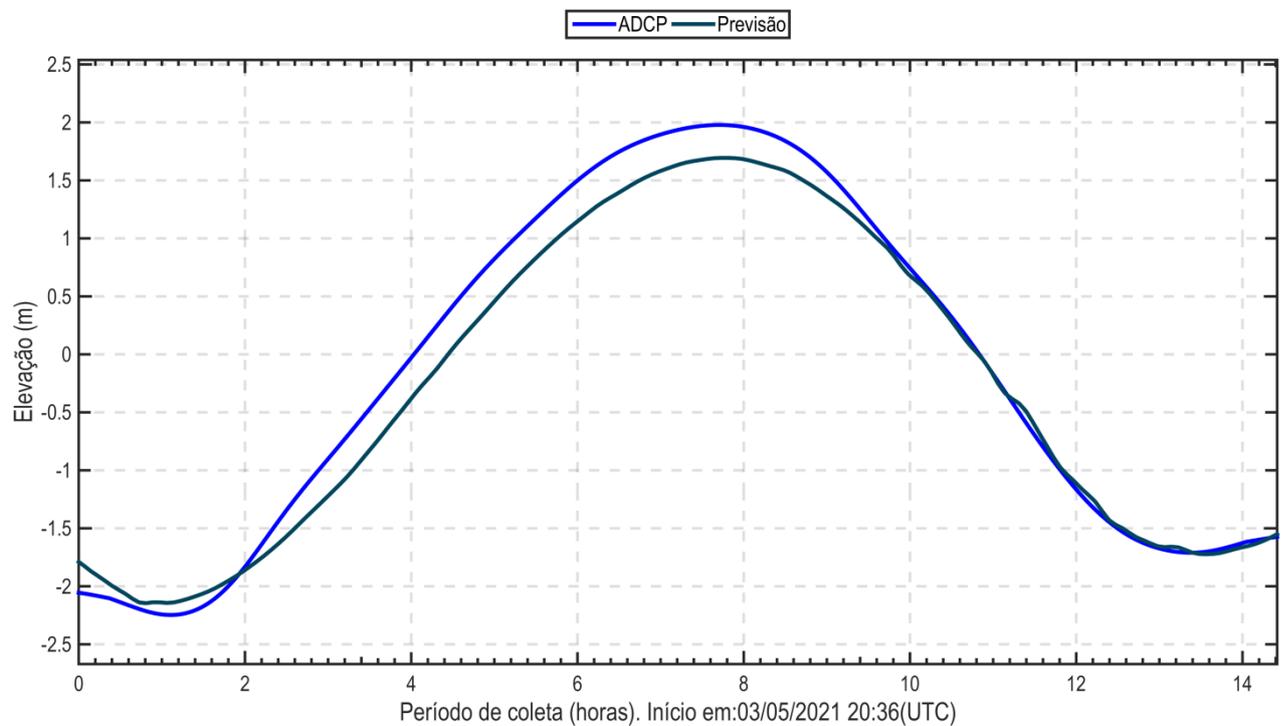


Figura 65: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C8. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DNH para o Terminal de Ponta da Madeira.

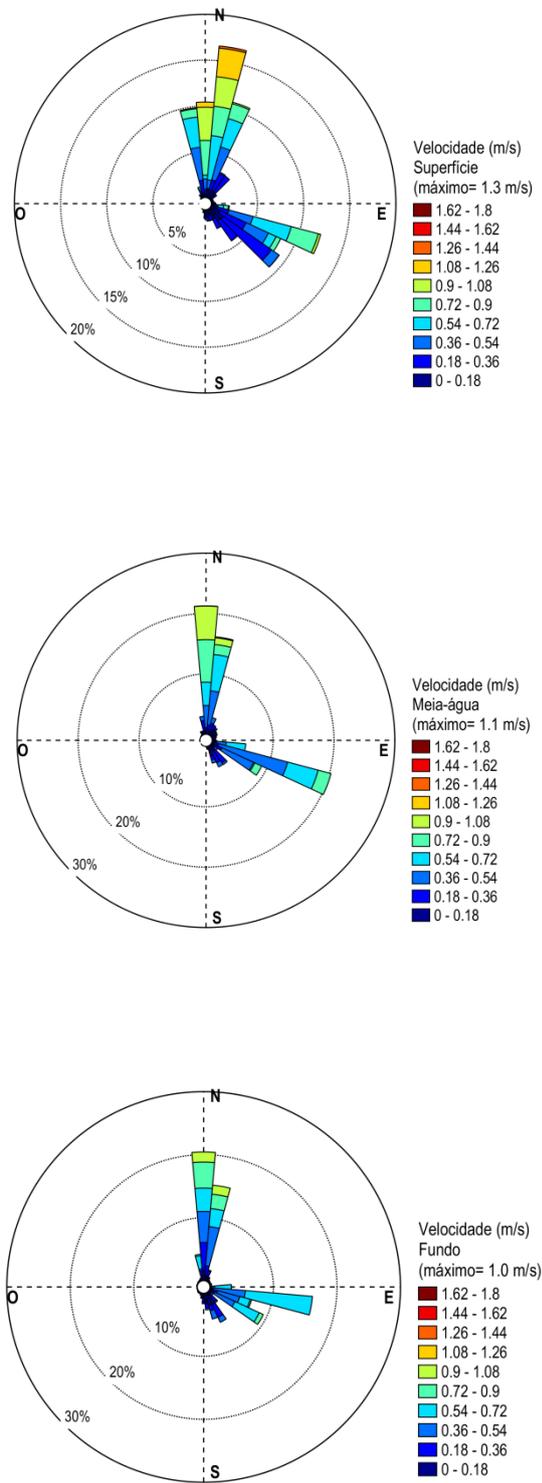


Figura 66: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PI-C8.

#### 4.9.3 Análise integrada PI-C8: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.49 m/s e direção 1.24 (N). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.32 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 11 % (0.17 m/s) da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 33 % (0.49 m/s) e 28% (0.37 m/s), tanto na sizígia como na quadratura, respectivamente.

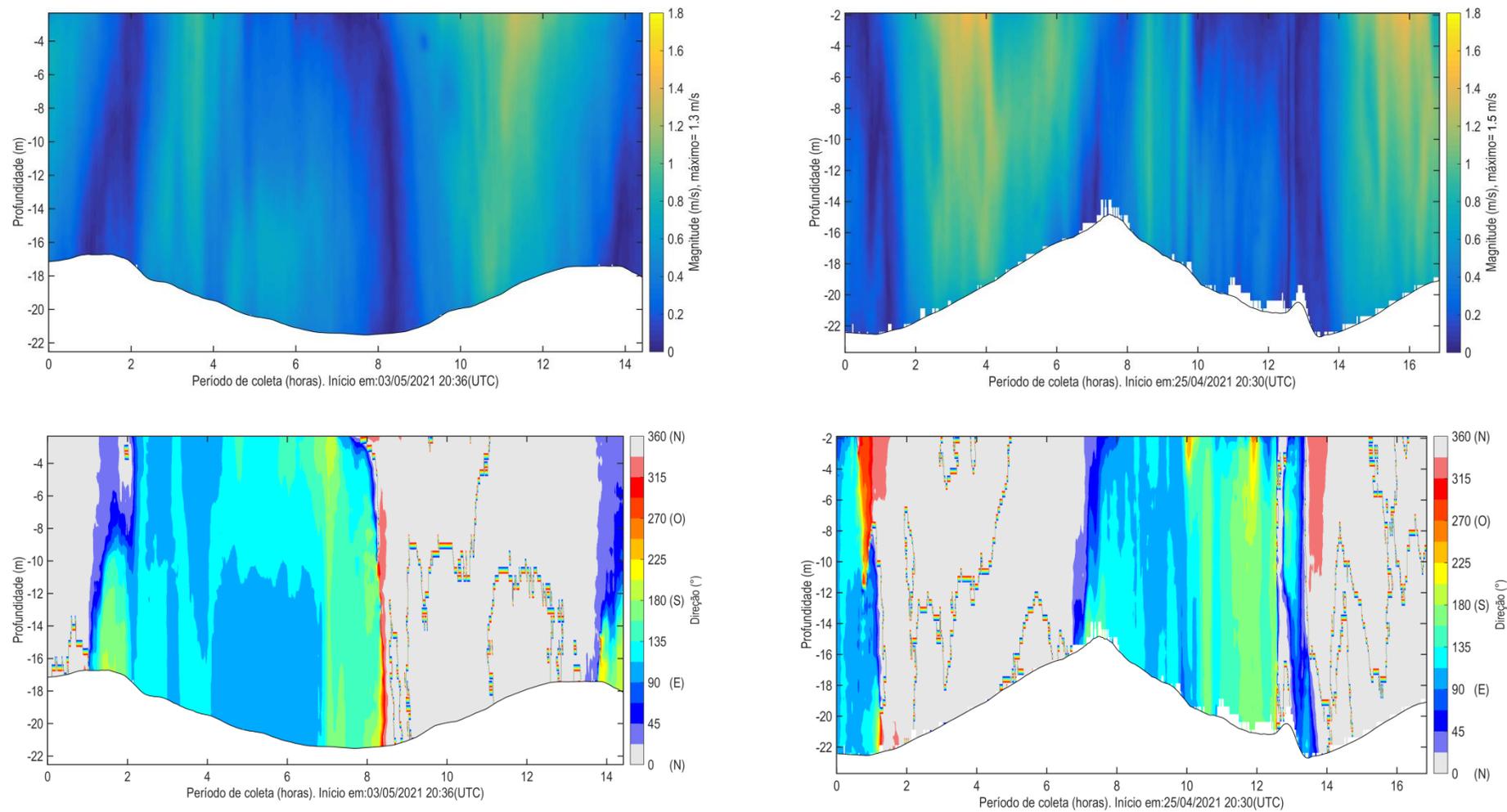


Figura 67: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PI-C8.

## 4.10 ADCP EC-01

### 4.10.1 Sizígia

O levantamento teve início 25/04/2021 19:31 (UTC) e se estendeu até 26/04/2021 13:05 (UTC), totalizando cerca de 17.5 hs de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.61 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.8 m de 10 m de profundidade, no meio da vazante, enquanto a mínima de 0.0001 m/s foi registrada durante a baixamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 15.5 e 16.5 horas de coleta (Figura 68), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.5 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 1.6 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.2 m/s), como se observa na Figura 70 e Figura 74.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 8.5 e 12.0 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.2 m/s, o que representa uma redução de 26% (0.41 m/s) em relação à máxima da vazante.

Ao longo de toda a coluna d'água o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 70), com direções de vazante variando em torno de NNO e de enchente em torno de SE. Esse padrão de direcionamento das correntes segue a orientação do canal principal da entrada do Porto da Alumar.

A Tabela 20 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta EC-01 durante o período de sizígia.

Tabela 20: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta EC-01 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.61	0.0001
Direção	334.00	319.06
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	16.03	8.05
Data (UTC)	26/04/2021 11:33	26/04/2021 03:34
Profundidade (m) da medida	1.82	5.0
Profundidade da coluna de água (m)	10.0	5.5

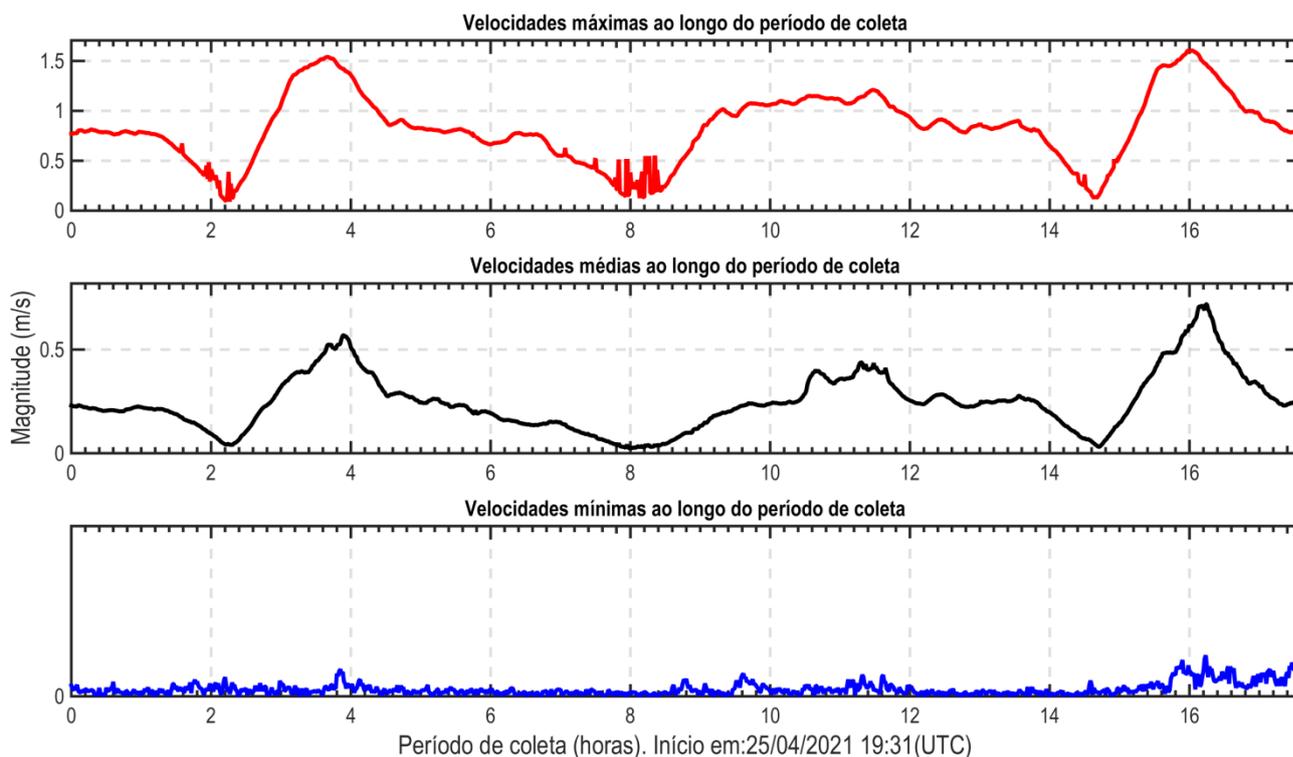


Figura 68: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP EC-01.

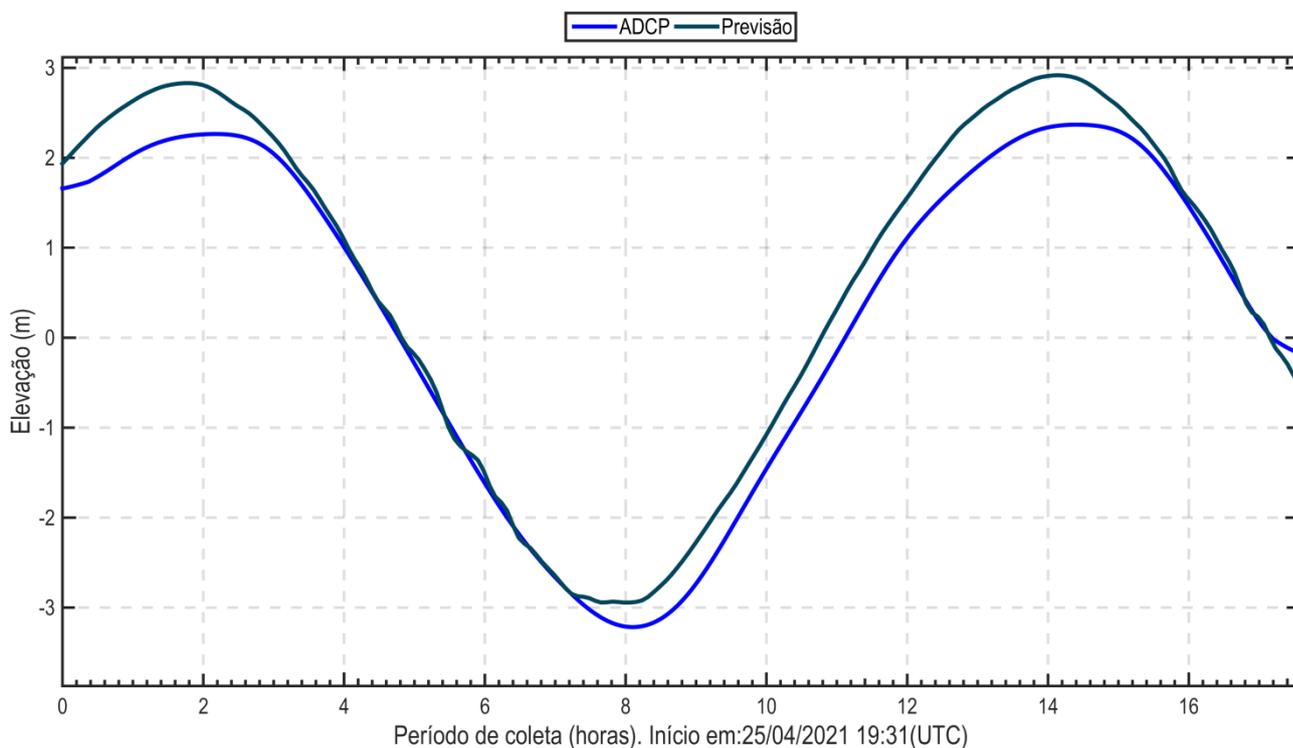


Figura 69: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP EC-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

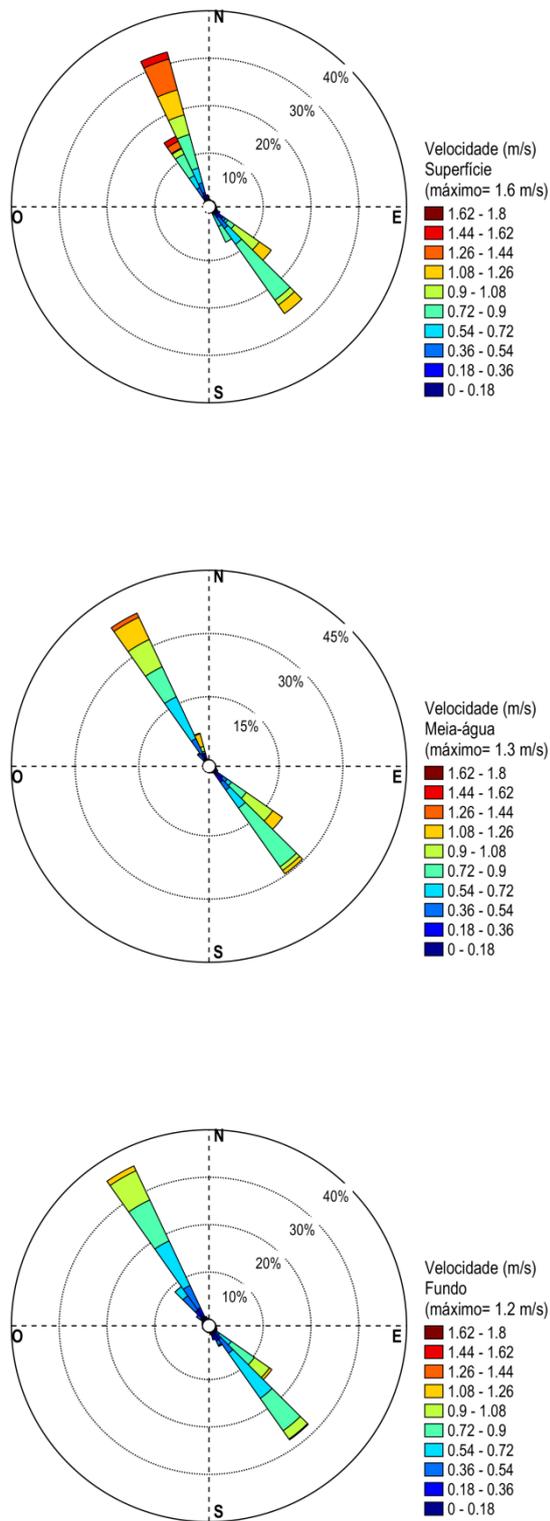


Figura 70: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP EC-01.

#### 4.10.2 Quadratura

O levantamento teve início 03/05/2021 14:15 (UTC) e se estendeu até 04/05/2021 04:32 (UTC), totalizando cerca de 14.3 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 0.78 m/s na região próxima à superfície, a 2.8 m de 9.5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.003 m/s, medida durante a baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 2.0 e 3.5 horas de coleta (Figura 71), quando as maiores velocidades variaram em torno de 0.6 m/s, com um valor máximo de 0.8 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 73), com direções de vazante variando em torno de NNO e de enchente em torno de SE. Esse padrão de direcionamento das correntes segue a orientação do canal principal da entrada do Porto da Alumar.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 0.55 m/s entre 9 h e 12 h, com um máximo de 0.6 m/s (Figura 71 e 74), o que representa uma redução de 23% (0.18 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante.

A Tabela 21 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta EC-01 durante o período de quadratura.

Tabela 21: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP EC-01 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	0.78	0.003
Direção	336.1	278.7
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	2.9	7.5
Data (UTC)	03/05/2021 17:10	03/05/2021 21:45
Profundidade (m) da medida	2.8	4.5
Profundidade da coluna de água (m)	9.5	6.2

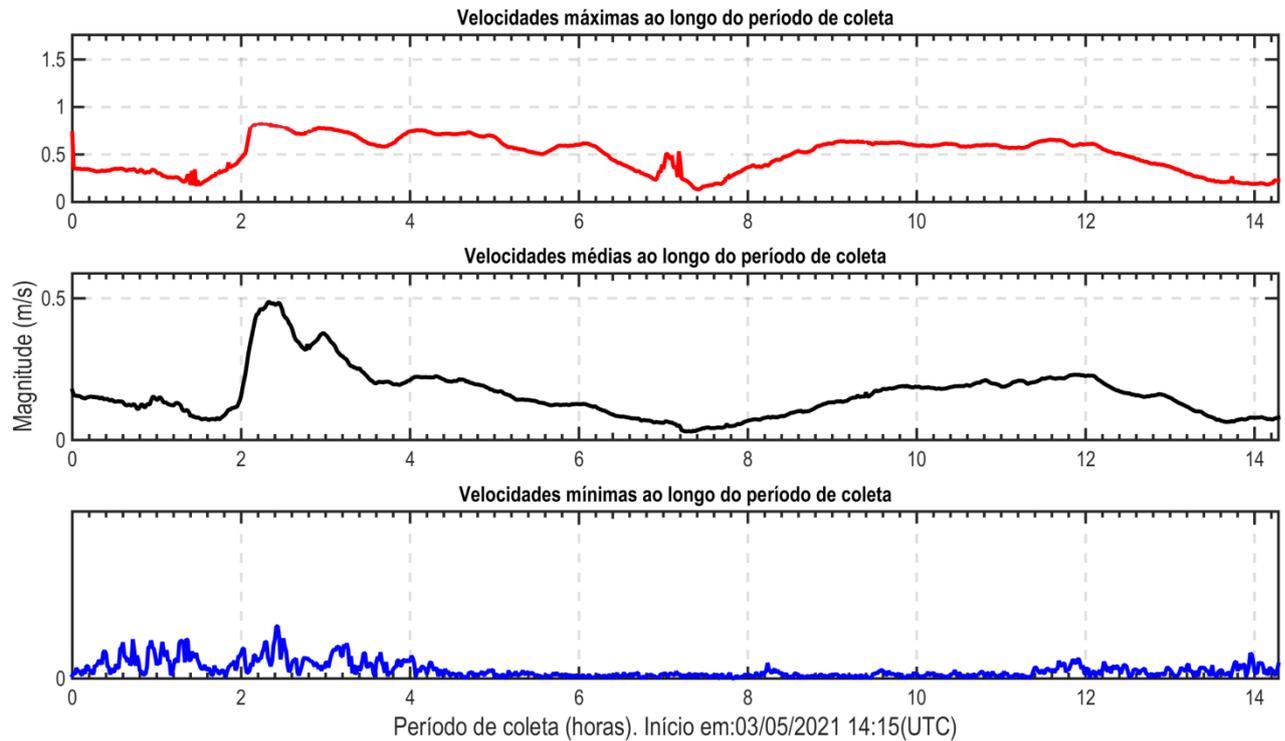


Figura 71: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP EC-01.

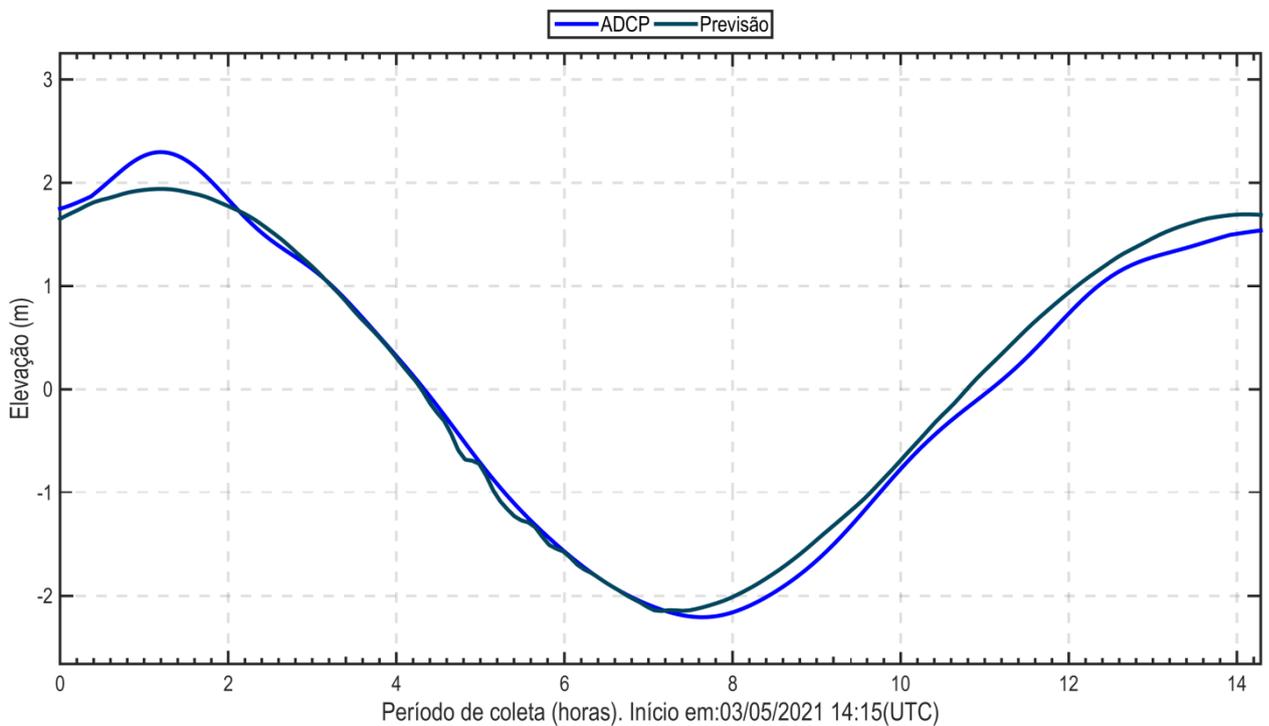


Figura 72: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP EC-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DNH para o Terminal de Ponta da Madeira.

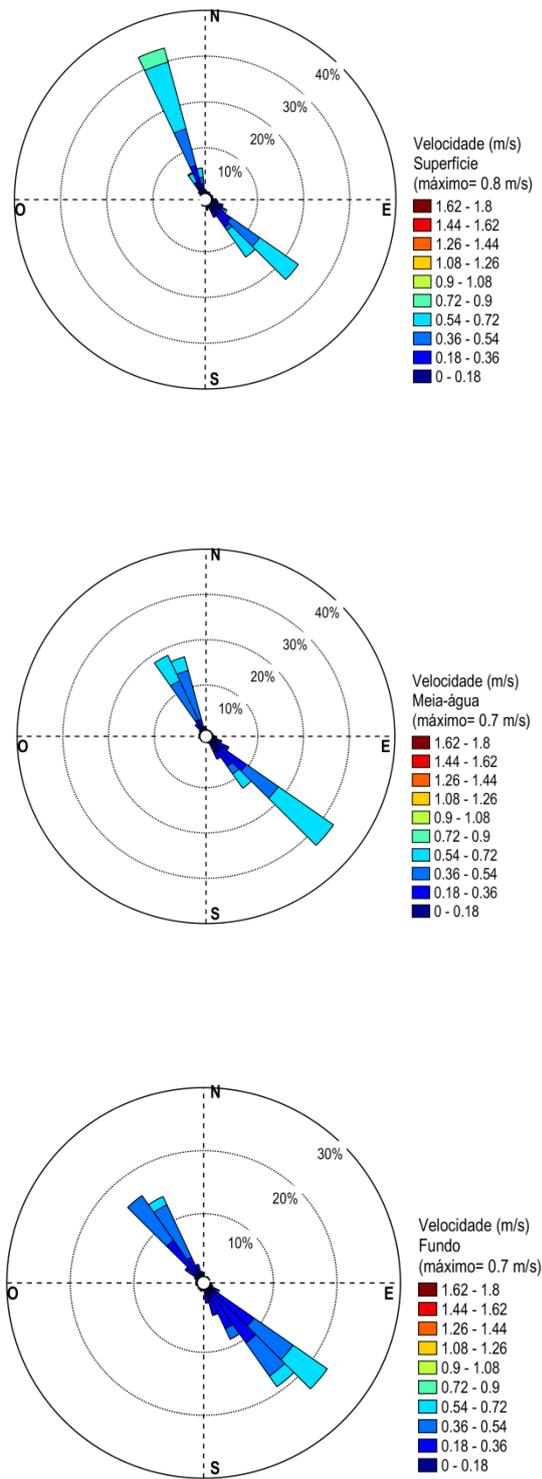


Figura 73: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP EC-01.

#### 4.10.3 Análise integrada EC-01: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.61 m/s e direção 334 (NNO). Na quadratura o máximo registrado foi de 0.78 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução significativa de 52 % (0.83 m/s) da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 26 % (0.41 m/s) e 23% (0.18 m/s), tanto na sizígia como na quadratura, respectivamente.

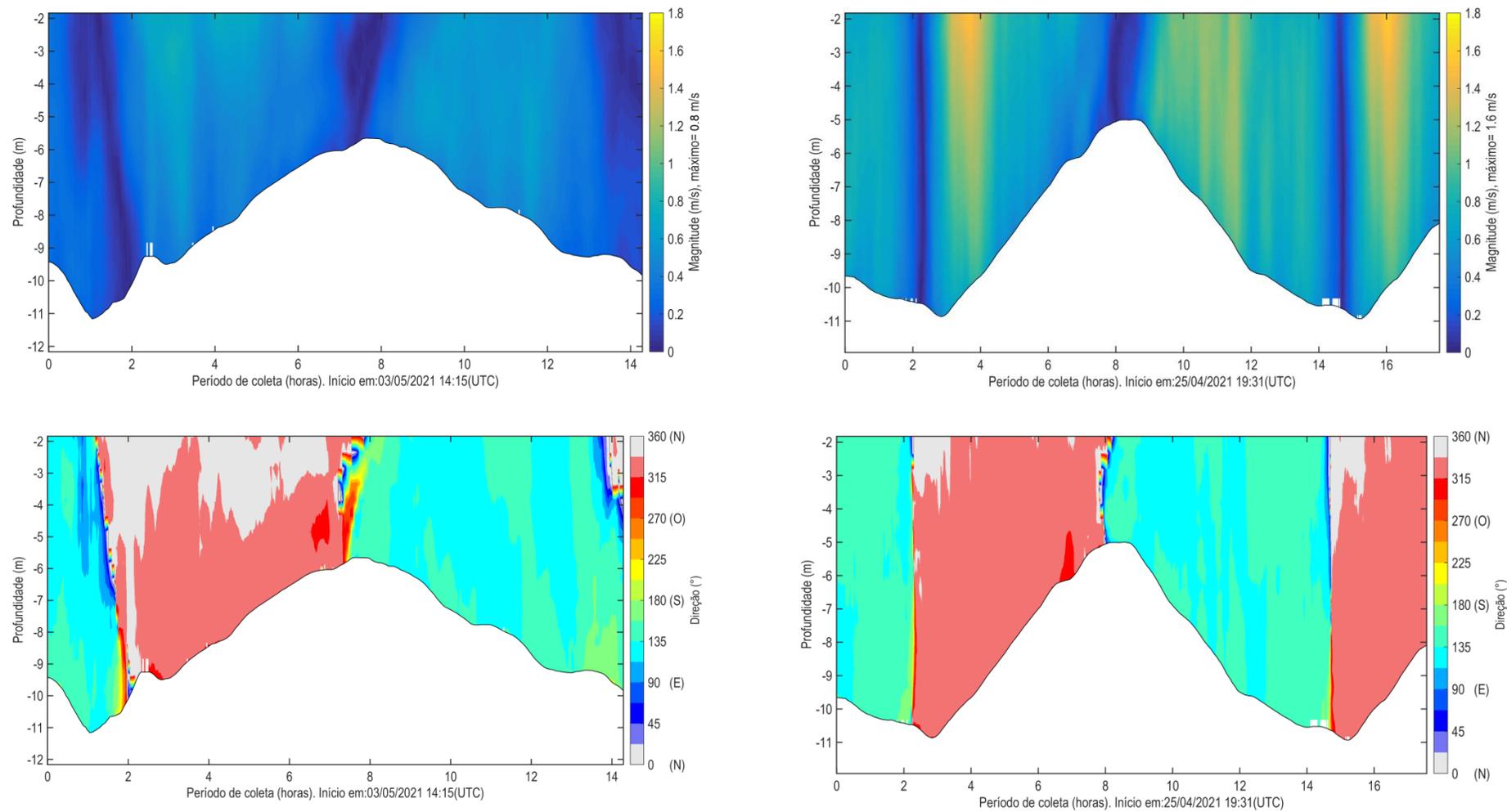


Figura 74: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP EC-01.

#### 4.11 ADCP SJ-01

##### 4.11.1 Sizígia

O levantamento teve início 01/05/2021 17:45 (UTC) e se estendeu até 02/05/2021 08:57 (UTC), totalizando cerca de 15.2 hs de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.67 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.2 m de 20.2 m de profundidade, no meio da vazante, enquanto a mínima de 0.01 m/s foi registrada na preamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 11 e 12 horas de coleta (Figura 47), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.4 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 1.7 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.1 m/s), como se observa na Figura 77 e Figura 81.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 4.0 e 6.0 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.3 m/s, o que representa uma redução de 22 % (0.37 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água, com direção de vazante em torno de NNE e de enchente variando em torno de SSE, seguindo o alinhamento da Baía de São José na região medida (Figura 77).

A Tabela 22 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-01 durante o período de sizígia.

Tabela 22: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta SJ-01 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.67	0.01
Direção	32.13	210.8
Período	Meio da vazante	Preamar
Hora de coleta	11.1	2.1
Data (UTC)	02/05/21 4:36	01/05/21 20:01
Profundidade (m) da medida	2.20	8.0
Profundidade da coluna de água (m)	11.8	9.5

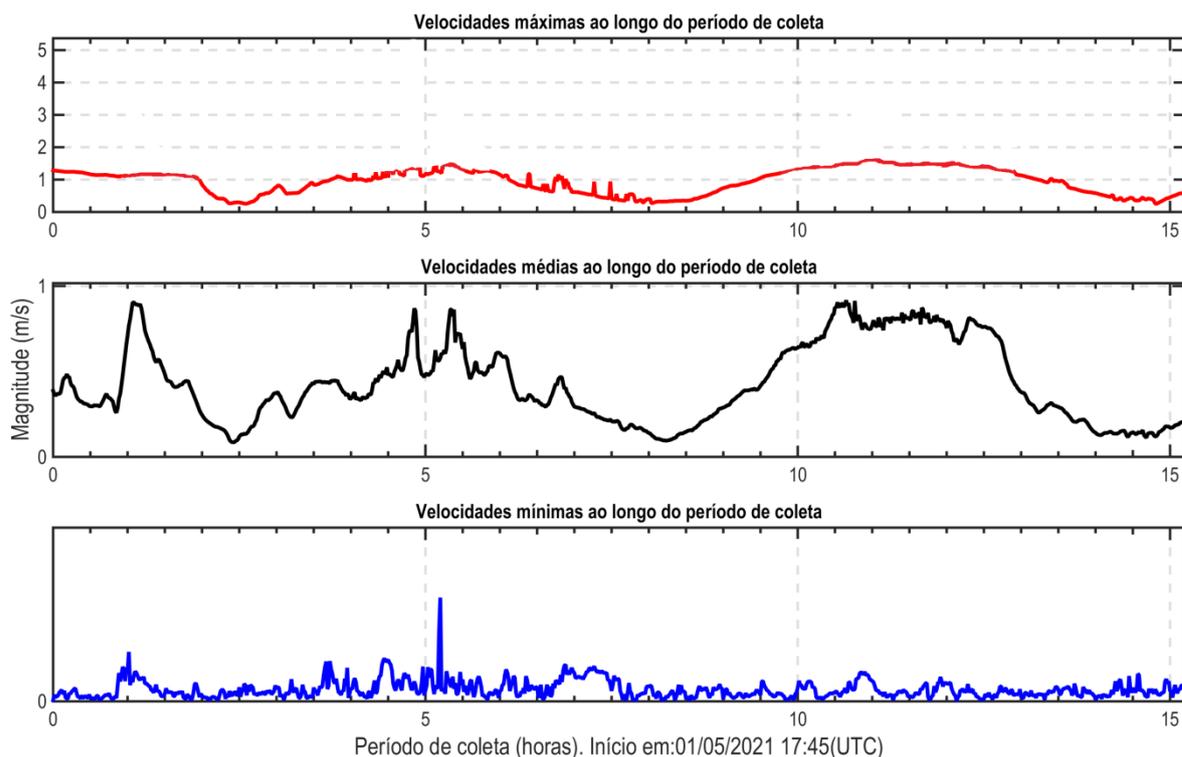


Figura 75: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP SJ-01.

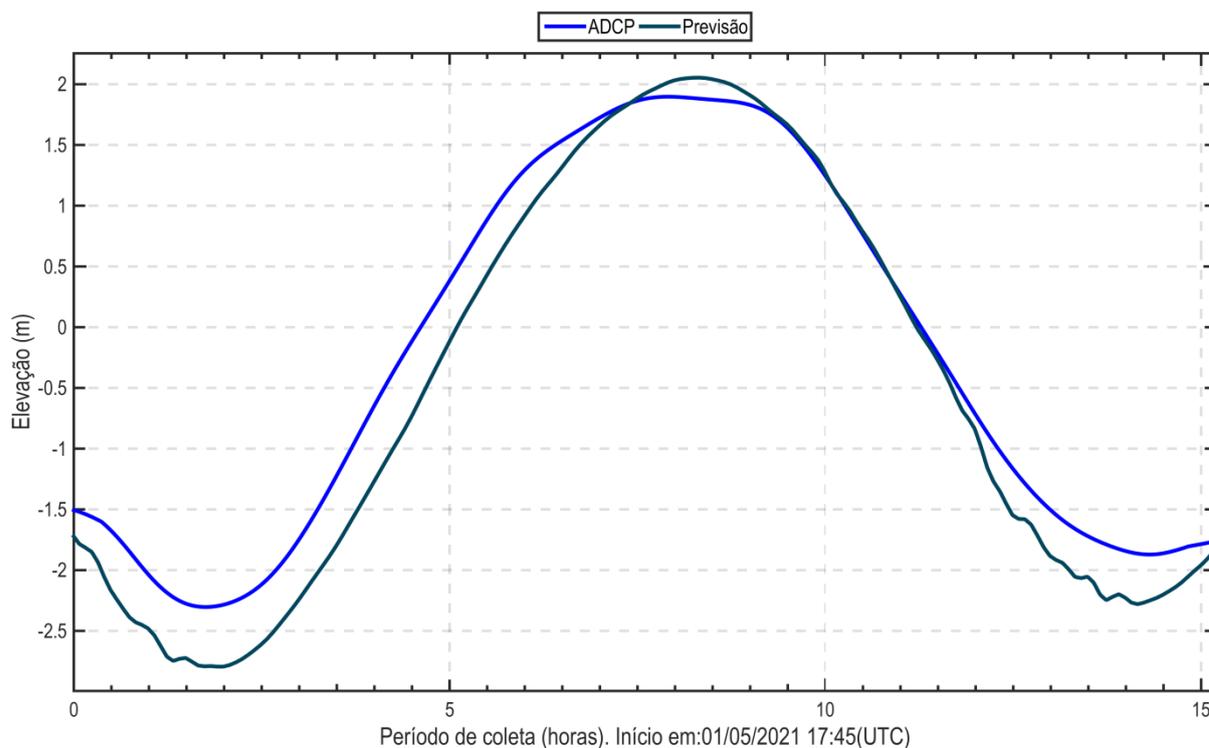


Figura 76: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

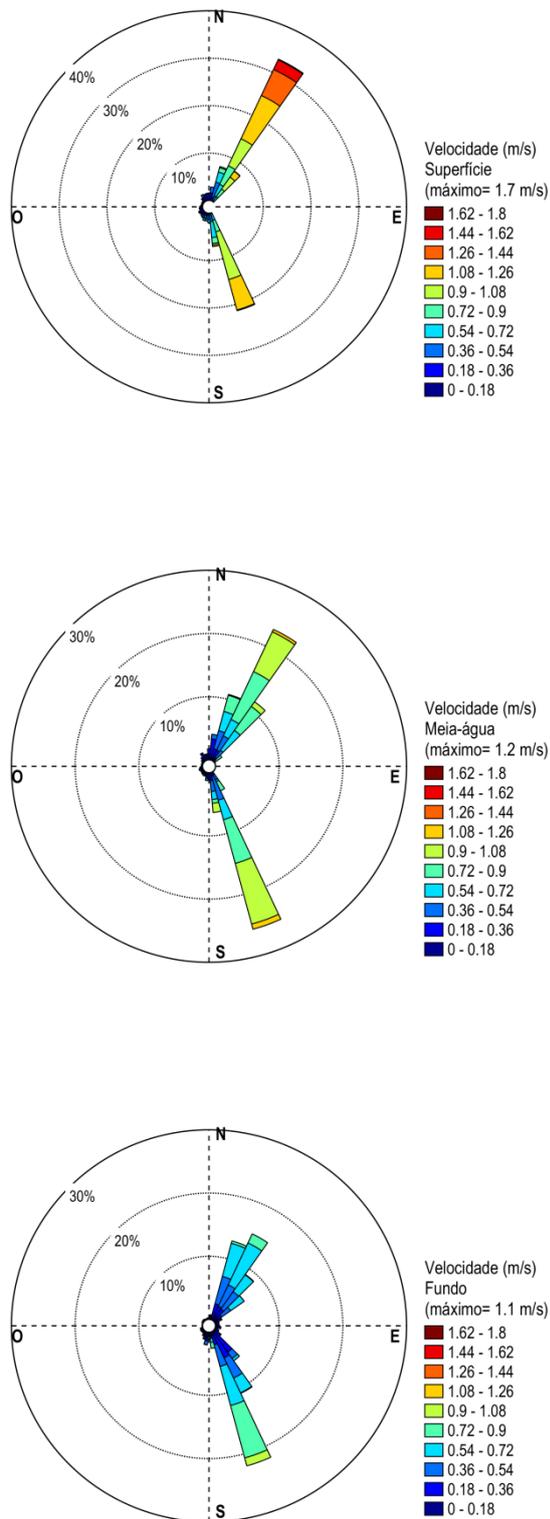


Figura 77: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-01.

#### 4.11.2 Quadratura

O levantamento teve início 09/05/2021 0:37 (UTC) e se estendeu até 09/05/2021 15:49 (UTC), totalizando cerca de 15.2 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.79 m/s na região próxima à superfície, a 2.7 m de 11.8 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.001 m/s, medida durante a baixamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 10.5 e 11.5 horas de coleta (Figura 78), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.6 m/s, com um valor máximo de 1.8 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 80), com direções de vazante variando em torno de NE e de enchente em torno de SSE, seguindo o alinhamento da Baía de São José na região medida (Figura 80).

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 1.0 m/s entre 5.5 h e 6.5 h, com um máximo de 1.30 m/s (Figura 78 e Figura 81), o que representa uma redução de 27% (0.49 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar ao observado na sizígia, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante.

A Tabela 23 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-01 durante o período de quadratura.

Tabela 23: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP SJ-01 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.79	0.001
Direção	34.71	107.05
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	10.88	14.48
Data (UTC)	09/05/2021 11:30	09/05/2021 15:06
Profundidade (m) da medida	2.7	9.0
Profundidade da coluna de água (m)	11.8	10.2

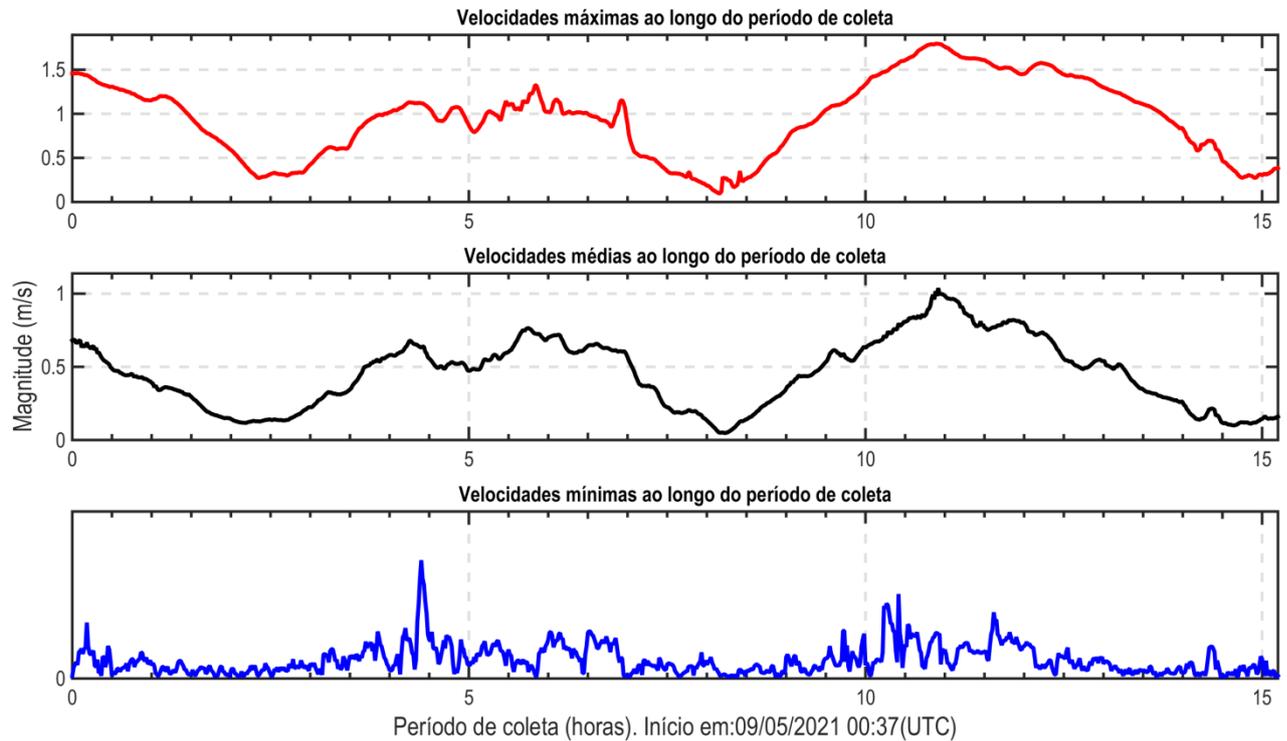


Figura 78: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP SJ-01.

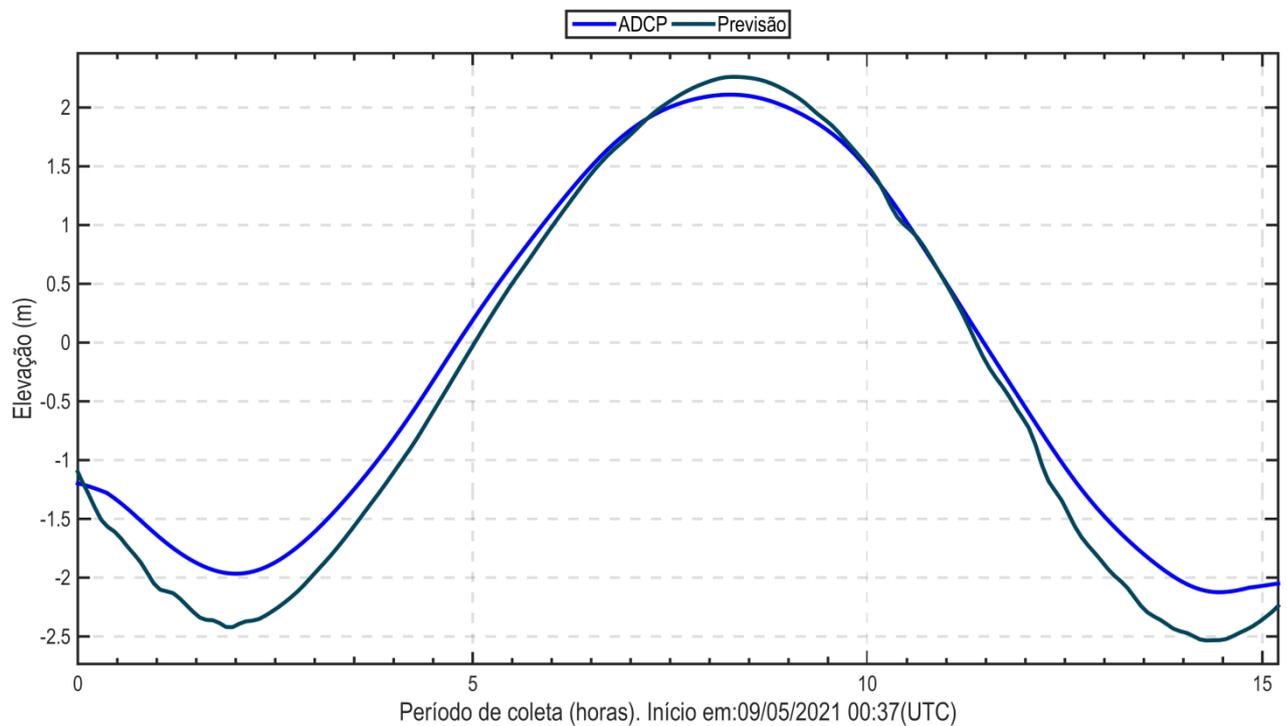


Figura 79: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do SJ-01. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

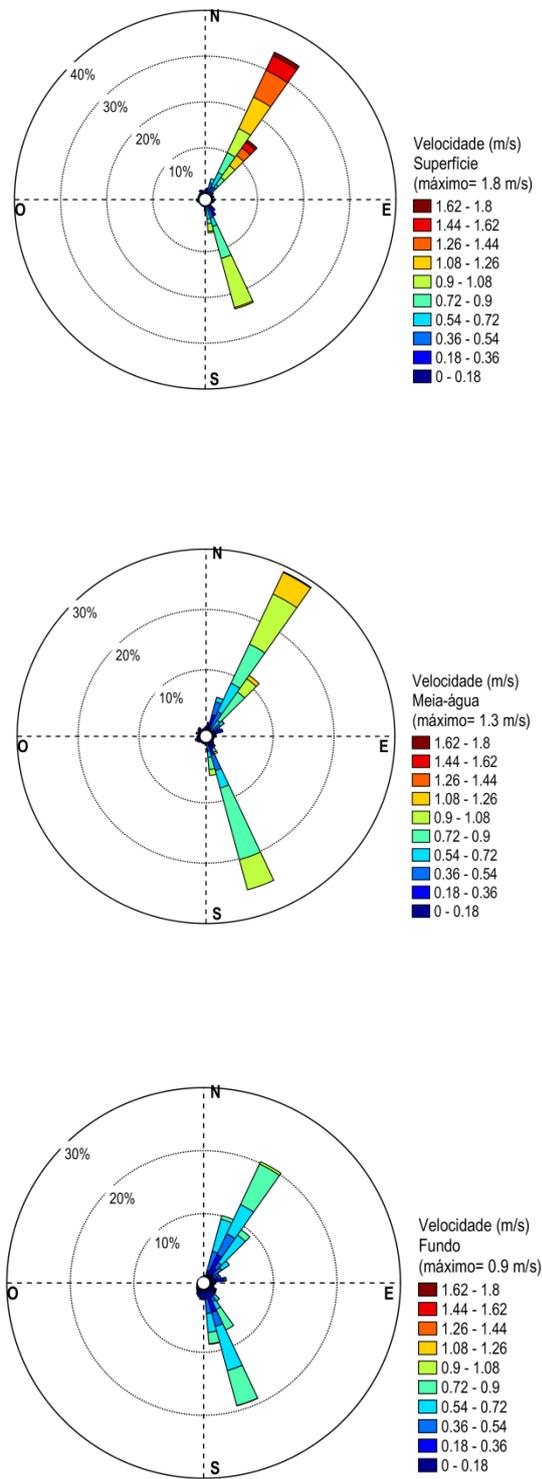


Figura 80: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-01.

#### 4.11.3 Análise integrada SJ-01: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.67 m/s e direção 32.13 (NNE). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.79 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 22 % (0.37 m/s) e 27% (0.49 m/s), tanto na sizígia como na quadratura, respectivamente.

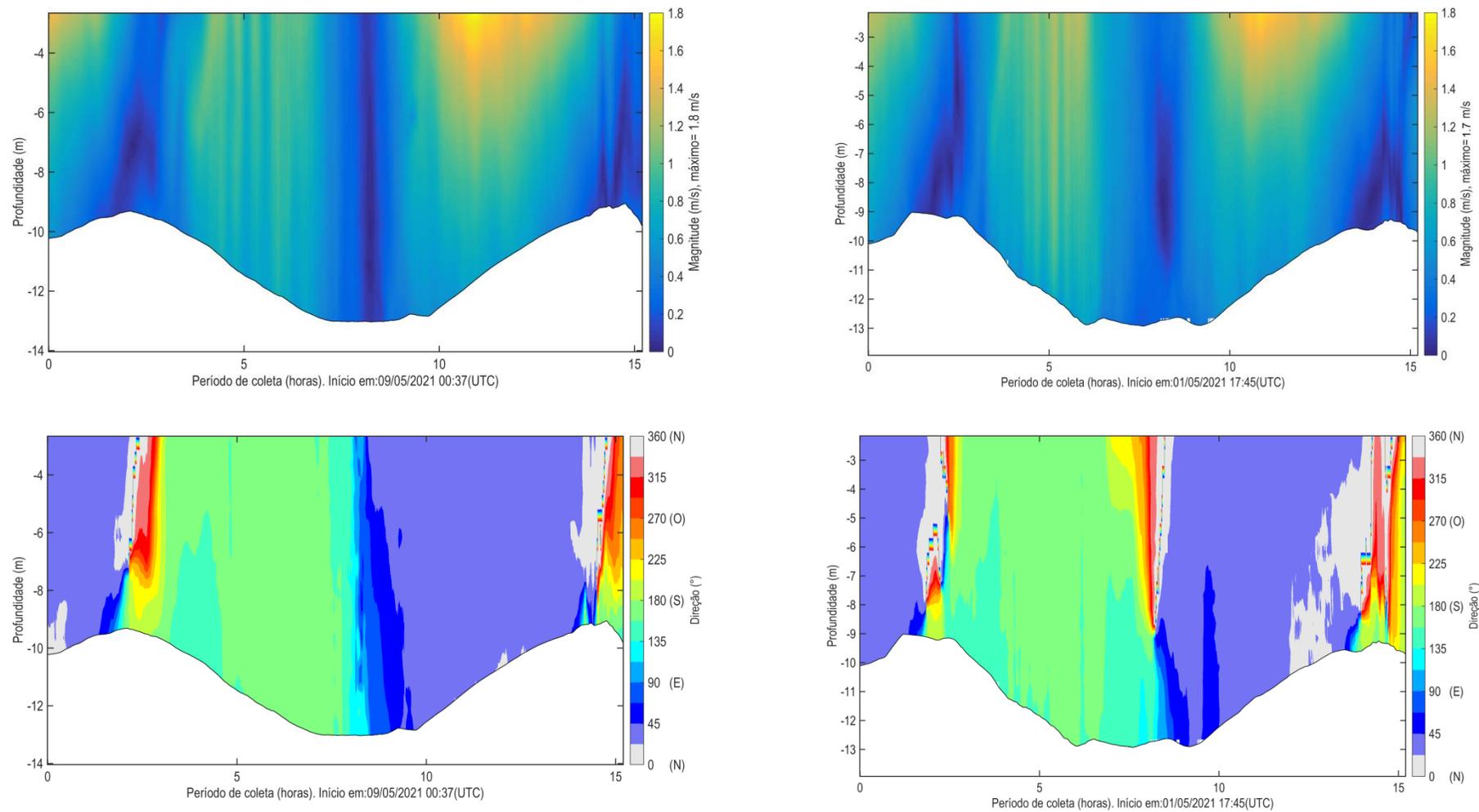


Figura 81: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP SJ-01.

## 4.12 ADCP SJ-02

### 4.12.1 Sizígia

O levantamento teve início 01/05/2021 19:15 (UTC) e se estendeu até 02/05/2021 9:28 (UTC), totalizando cerca de 14.2 h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 0.99 m/s na região superficial da coluna d'água, a 1.8 m de 16.3 m de profundidade, durante a vazante, enquanto a mínima de 0.0003 m/s foi registrada durante a baixa-mar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 7.5 e 9 horas de coleta (Figura 82), quando as maiores velocidades variaram em torno de 0.8 m/s. As maiores velocidades ocorreram na região superficial da coluna d'água (máximo de 1.0 m/s), reduzindo em direção ao fundo e superfície (máximo de 0.9 m/s), como se observa na Figura 84 e Figura 88.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 1.5 e 3 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1 m/s, e, variando em torno de 0.92 m/s, o que representa uma redução significativa em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água, com direção de vazante em torno de NE e de enchente variando em torno de O - SSO, seguindo o alinhamento da Baía de São José na região medida. (Figura 84).

A Tabela 24 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-02 durante o período de sizígia.

Tabela 24: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta SJ-02 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	0.99	0.0003
Direção	56.66	174.5
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	8.5	12.1
Data (UTC)	02/05/21 3:40	02/05/21 7:20
Profundidade (m) da medida	1.8	5.1
Profundidade da coluna de água (m)	16.3	13.0

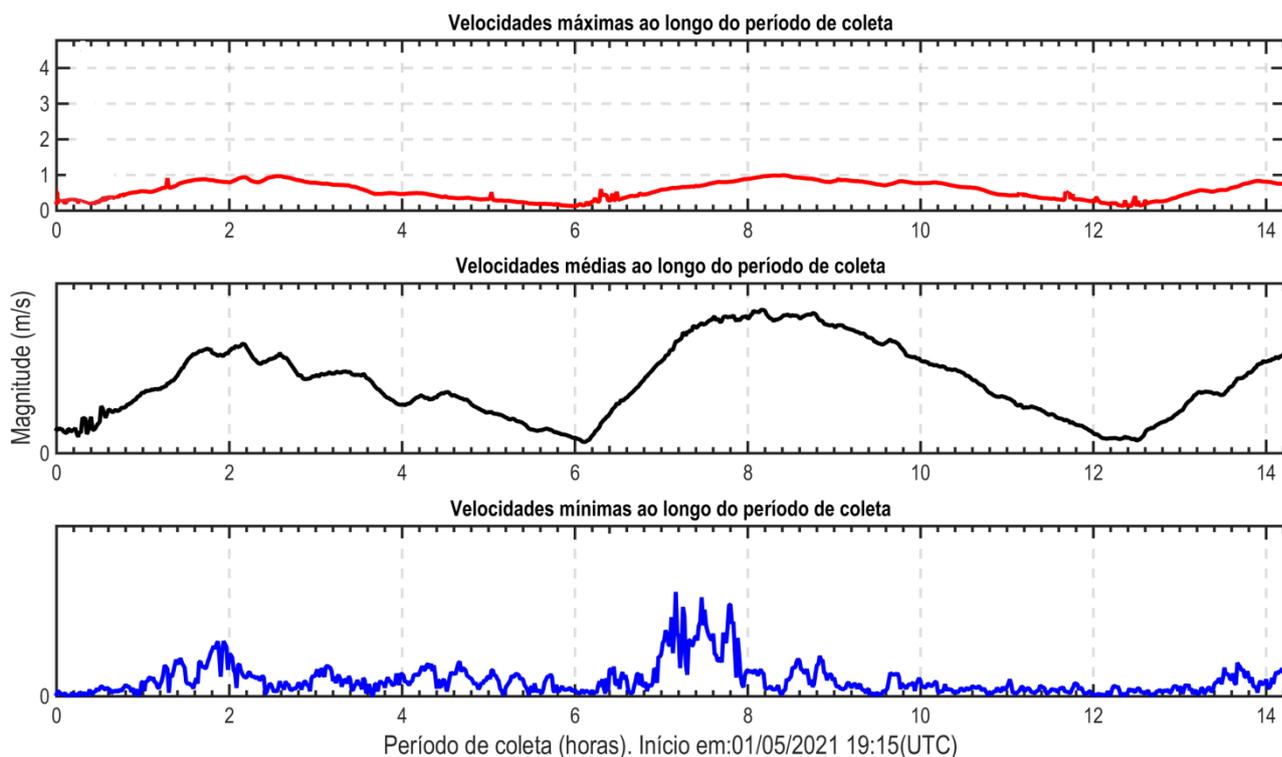


Figura 82: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP SJ-02.

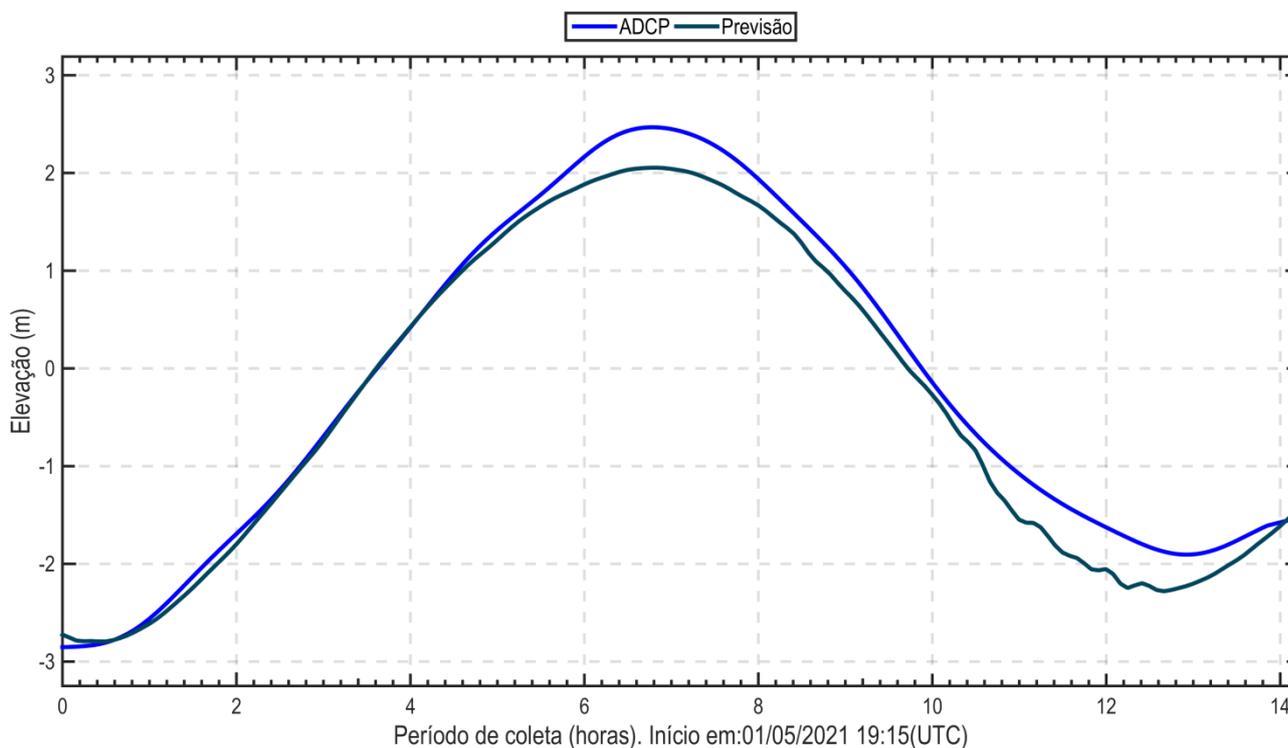


Figura 83: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

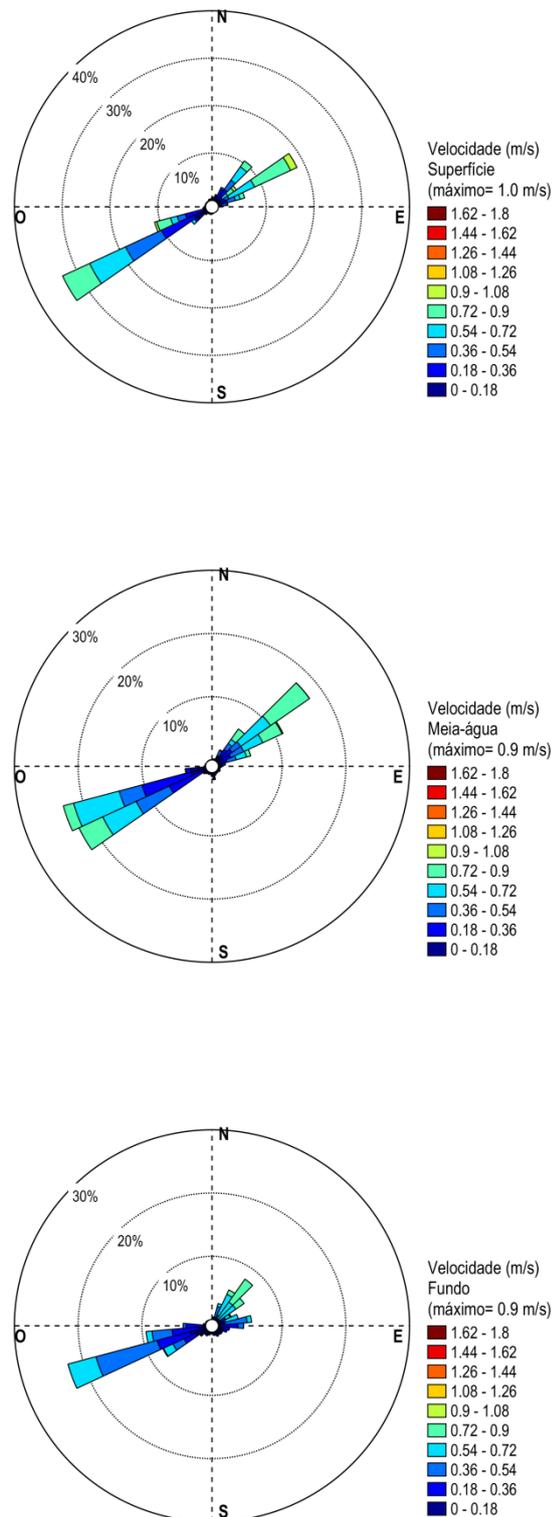


Figura 84: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-02.

#### 4.12.2 Quadratura

O levantamento teve início 09/05/2021 1:51 (UTC) e se estendeu até 09/05/2021 15:52 (UTC), totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 0.98 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.35 m de 15.5 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.0002 m/s, medida no final da enchente.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 8.5 e 10 horas de coleta (Figuras 85 e 87), quando as maiores velocidades variaram em torno de 0.8 m/s e com um máximo de 1.0 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figura 87), com direções de vazante variando em torno de NE e de enchente em torno de OSO, seguindo o alinhamento da baía de São José na região do ponto de coleta.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 0.6 m/s entre 1.5 h e 3.0 h, com um máximo de 0.8 m/s (Figuras 85 e 87), o que representa uma redução de 18% (0.18 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar aos outros levantamentos na Baía de São José, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante tanto para os períodos de sizígia quanto para os de quadratura.

A Tabela 25 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-02 durante o período de quadratura.

Tabela 25: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP SJ-02 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
<b>Magnitude (m/s)</b>	0.98	0.0002
<b>Direção</b>	56.11	278.7
<b>Período</b>	Meio da vazante	Final da enchente
<b>Hora de coleta</b>	8.8	6.5
<b>Data (UTC)</b>	09/05/2021 10:33	09/05/2021 8:20
<b>Profundidade (m) da medida</b>	2.35	12.0
<b>Profundidade da coluna de água (m)</b>	15.5	14.0

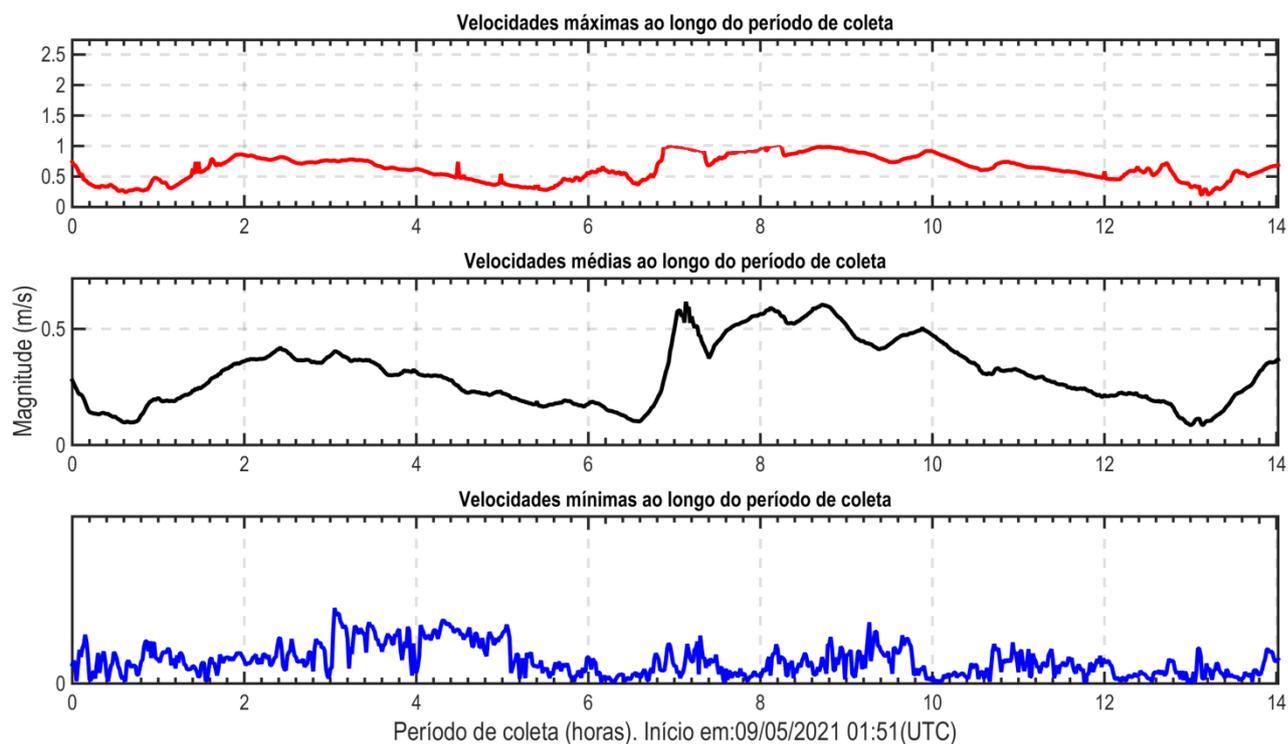


Figura 85: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP SJ-02.

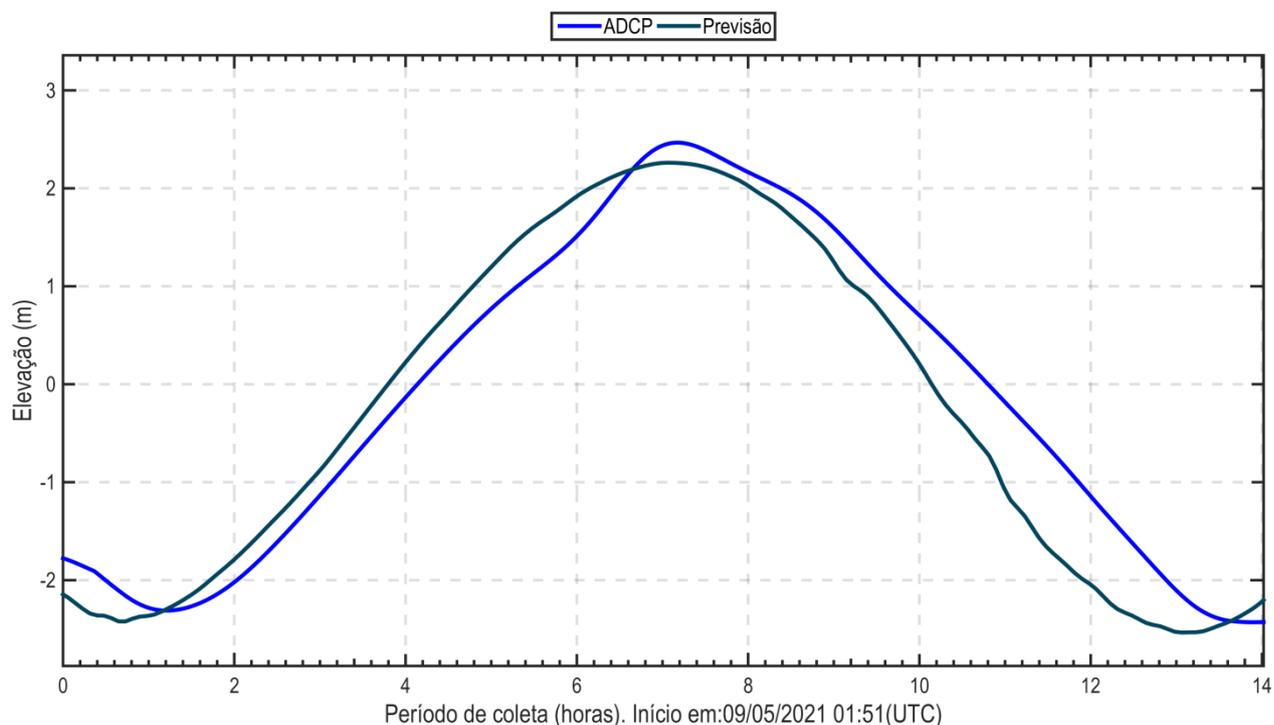


Figura 86: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-02. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DNH para o Terminal de Ponta da Madeira.

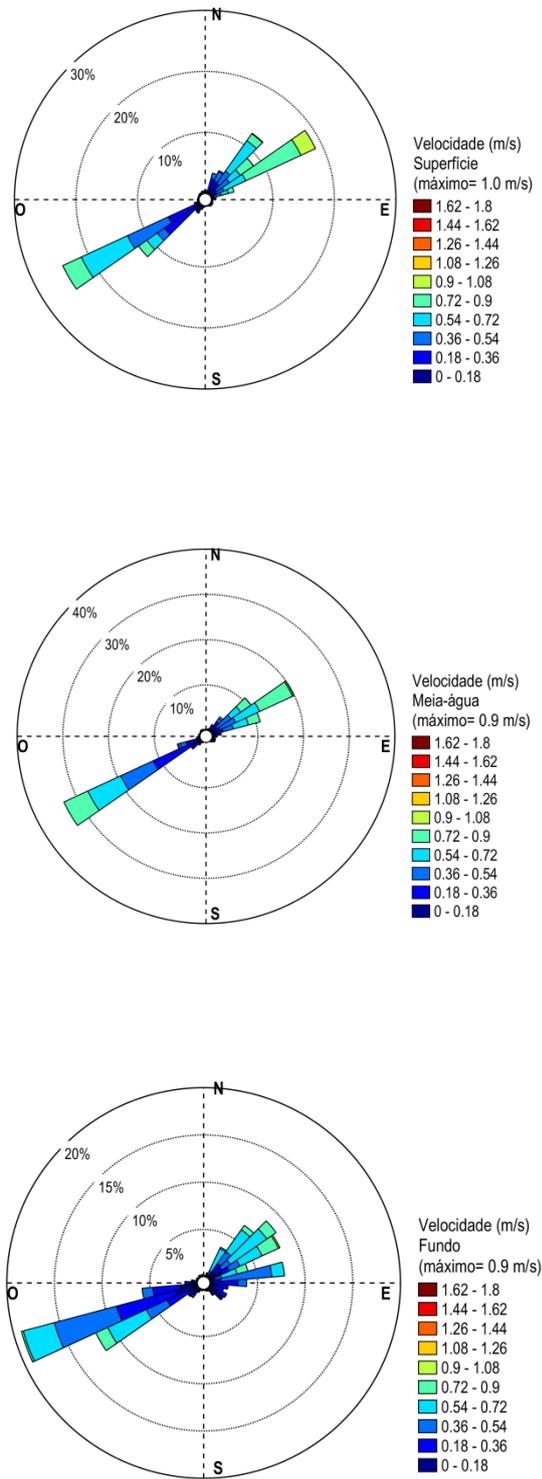


Figura 87: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-02.

#### 4.12.3 Análise integrada SJ-02: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 0.99 m/s e direção 56.7 (NE). Na quadratura o máximo registrado foi de 0.98 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente não apresentaram diferenças expressivas, com redução de 18% (0.1 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

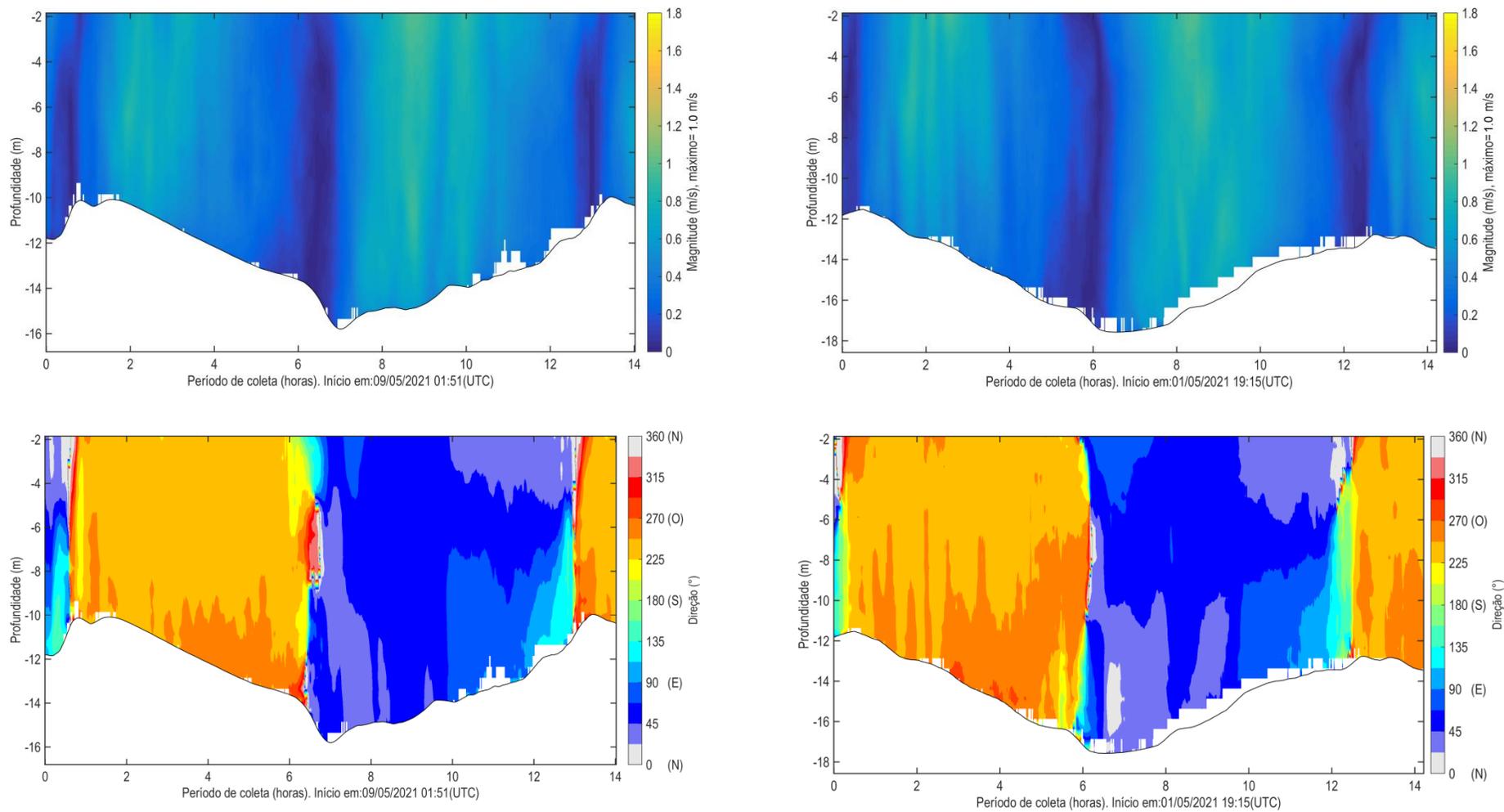


Figura 88: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP SJ-02.

#### 4.13 ADCP SJ-03

##### 4.13.1 Sizígia

O levantamento teve início 02/05/2021 12:43 (UTC) e se estendeu até 03/05/2021 4:58 (UTC), totalizando cerca de 16,3h de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.88 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.7 m de 26.2 m de profundidade, no meio da vazante, enquanto a mínima de 0.0004 m/s foi registrada durante a baixamar.

As maiores velocidades registradas neste ponto ocorreram durante a vazante entre 4 e 5.5 horas de coleta (Figura 89), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.7 m/s. As maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (máximo de 1.9 m/s), reduzindo em direção ao fundo (máximo de 1.4 m/s), como se observa nas Figuras 91 e 95.

Durante a enchente, as maiores velocidades ocorreram entre 10.5 e 11.5 horas de coleta, onde o máximo registrado foi 1.4 m/s, o que representa uma redução de 26% (0.44 m/s) em relação à máxima da vazante.

O escoamento foi predominantemente bidirecional ao longo de toda a coluna d'água (Figura 91), com direção de vazante em torno de NE e de enchente variando em torno de SSO, seguindo o alinhamento da Baía de São José na região medida.

A Tabela 26 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-03 durante o período de sizígia.

Tabela 26: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta SJ-03 durante o período de sizígia.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	1.88	0.0004
Direção	46.09	255.63
Período	Meio da vazante	Baixamar
Hora de coleta	4.8	7.9
Data (UTC)	02/05/21 17:35	02/05/21 20:58
Profundidade (m) da medida	2.7	8.2
Profundidade da coluna de água (m)	13.0	11.5

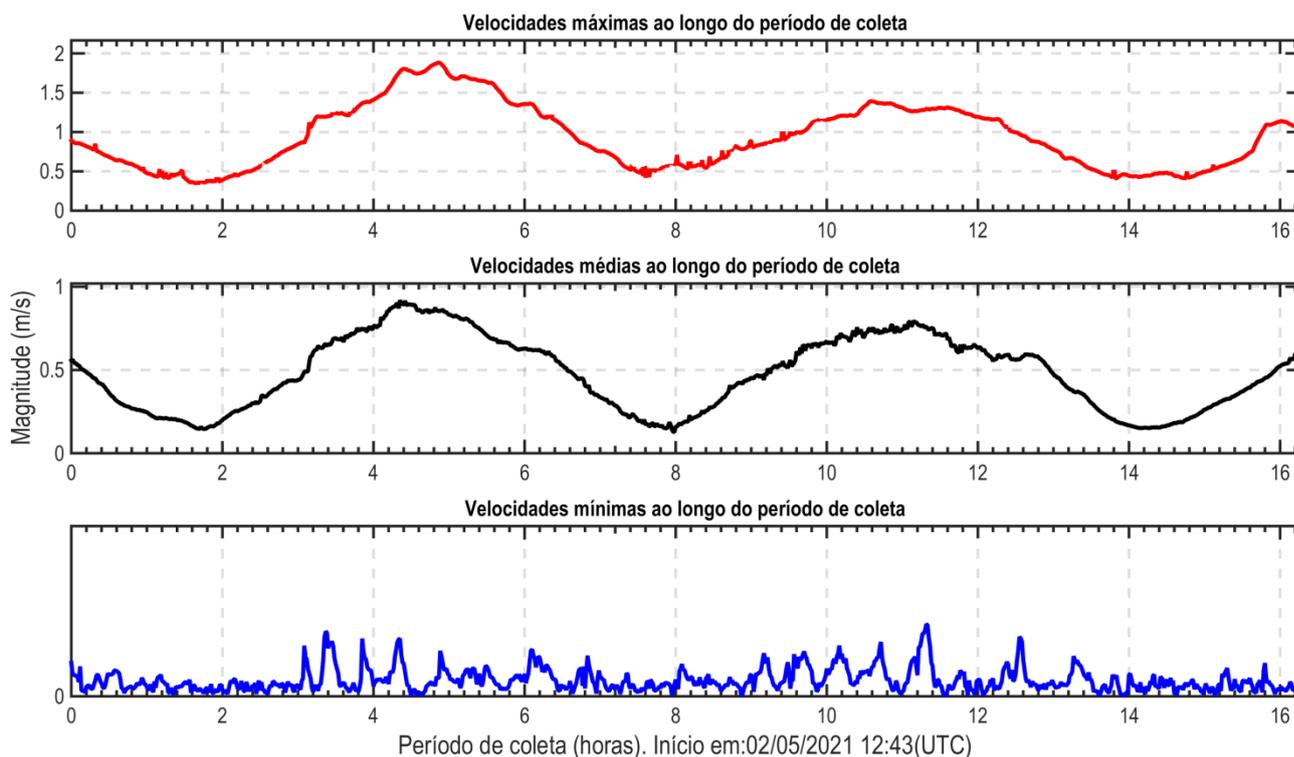


Figura 89: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de sizígia do ADCP SJ-03.

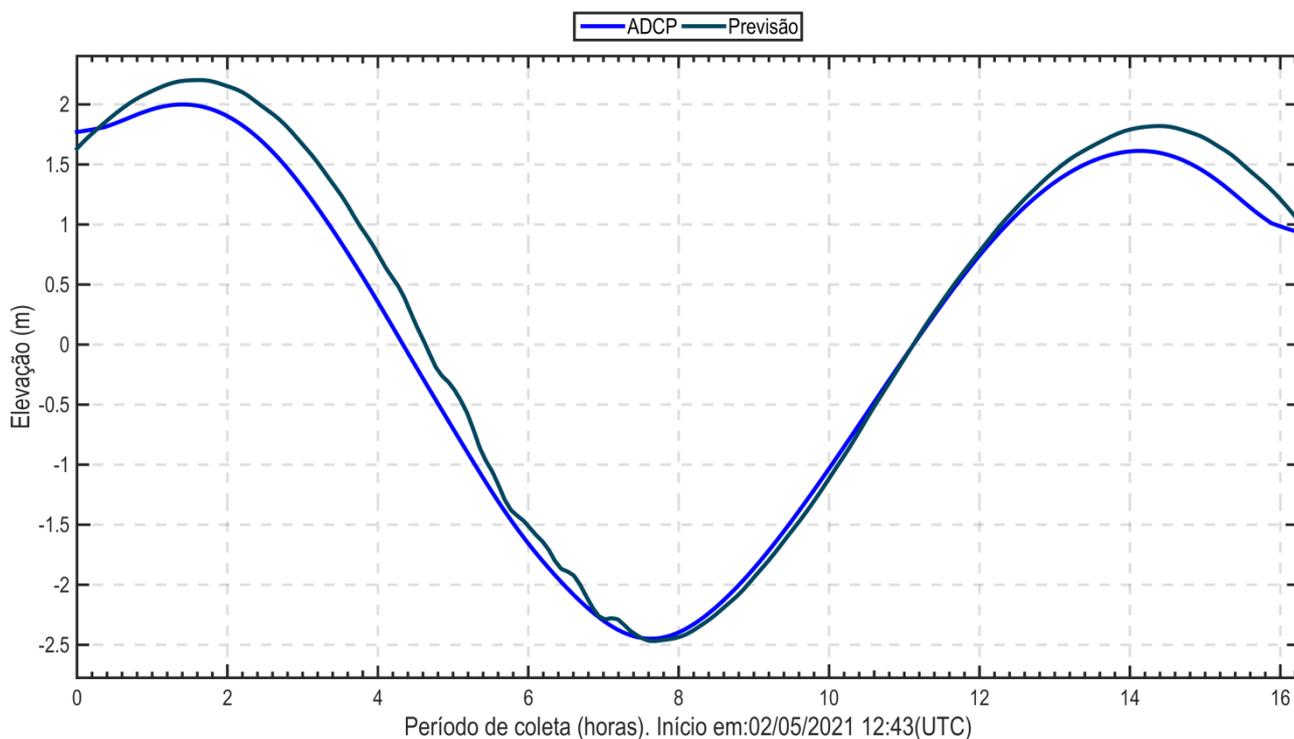


Figura 90: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

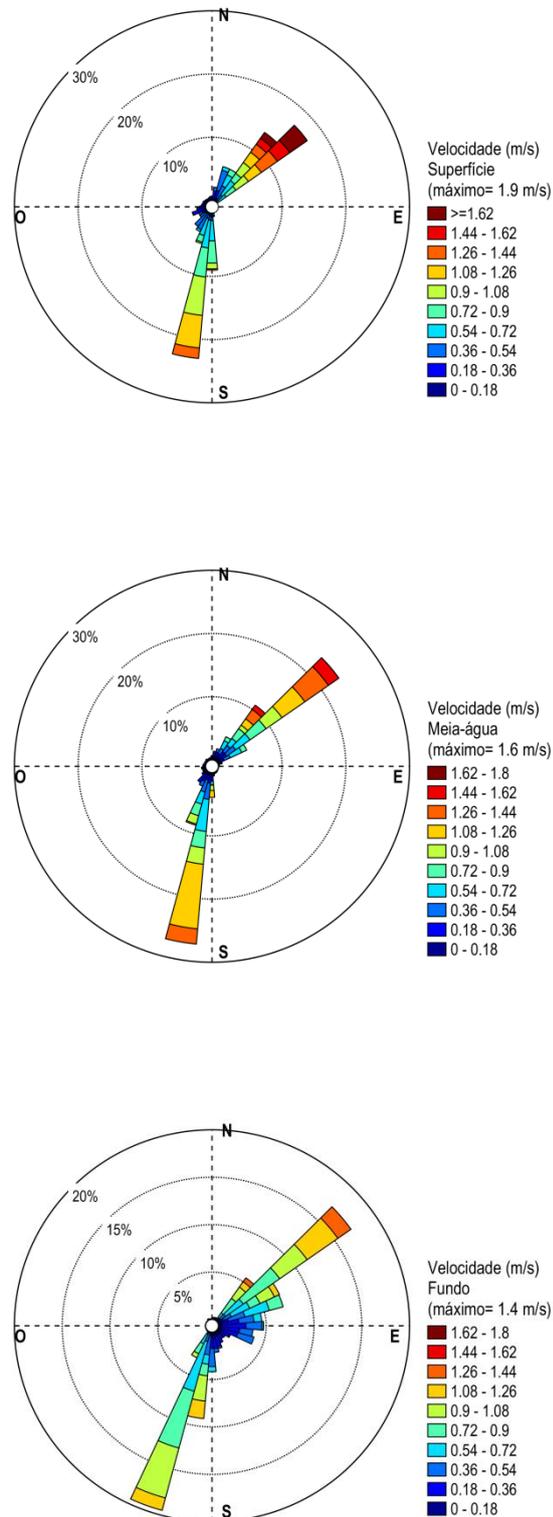


Figura 91: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP SJ-03.

#### 4.13.2 Quadratura

O levantamento teve início 09/05/2021 19:44 (UTC) e se estendeu até 10/05/2021 08:59 (UTC), totalizando cerca de 13,5 horas de coleta de dados. Cabe ressaltar, que entre as 2:25 e 4:44 do dia 10/05 os dados apresentaram uma incerteza acima do aceitável e foram descartados do processamento e resultados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 2.09 m/s na região superficial da coluna d'água, a 3.7 m de 13.2 m de profundidade, durante o meio da vazante, enquanto a mínima registrada foi de 0.0006 m/s, medida durante na preamar.

As maiores velocidades foram registradas durante o período médio de vazante, entre 4 e 5 horas de coleta (Figuras 92 e 95), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.8 m/s, com um máximo de 2.1 m/s.

Ao longo de toda a coluna d'água, o escoamento foi predominantemente bidirecional (Figuras 94 e 95), com direções de vazante variando em torno de NE e de enchente em torno de SSO, seguindo o alinhamento da baía de São José na região do ponto de coleta.

Ao longo do período de enchente, as máximas velocidades variaram em torno de 1.5 m/s entre 10 h e 11 h, com um máximo de 1.6 m/s (Figura 92), o que representa uma redução de 24% (0.49 m/s) em relação ao máximo registrado na vazante. Assim, de maneira similar aos levantamentos realizados na Baía de São José, as maiores velocidades ocorreram durante os períodos de vazante tanto para os períodos de sizígia quanto para os de quadratura.

A Tabela 27 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta SJ-03 durante o período de quadratura.

Tabela 27: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP SJ-03 no período de quadratura.

	Velocidade Máxima	Velocidade Mínima
Magnitude (m/s)	2.09	0.0006
Direção	47.40	313.53
Período	Meio da vazante	Preamar
Hora de coleta	4.3	1.5
Data (UTC)	10/05/2021 0:05	09/05/2021 21.15
Profundidade (m) da medida	3.69	12.2
Profundidade da coluna de água (m)	13.2	15.5

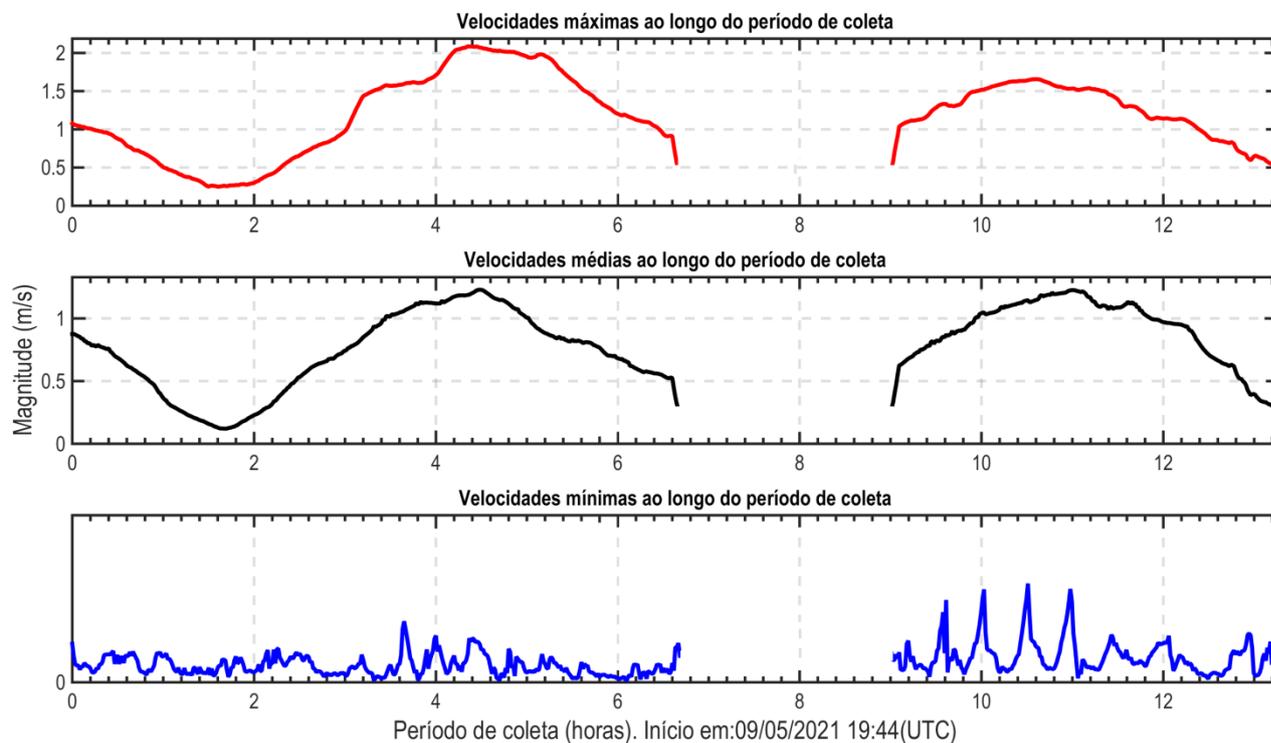


Figura 92: Velocidades médias, máximas e mínimas registradas ao longo da coluna d'água durante o período de coleta de quadratura do ADCP SJ-03.

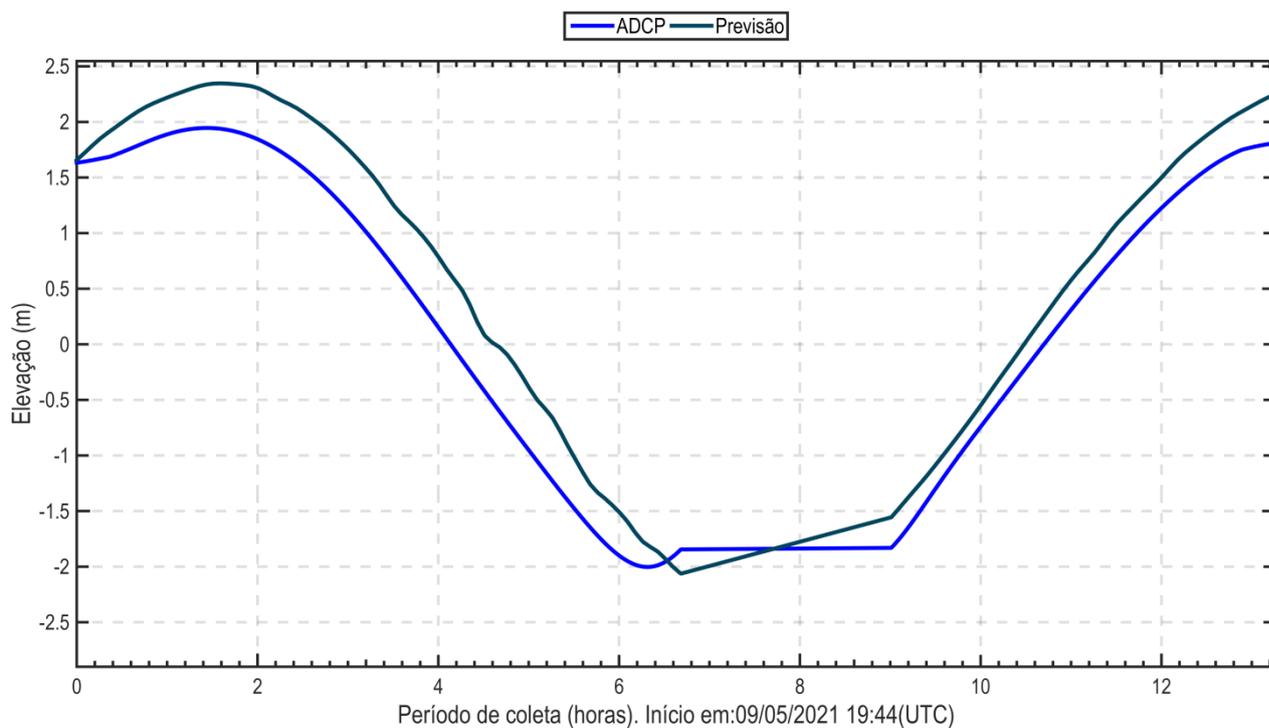


Figura 93: Variação da elevação da coluna d'água, em torno da média, ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-03. Em azul claro, dado de elevação da coluna de água e em azul escuro, dado de previsão de maré do DHN para o Terminal de Ponta da Madeira.

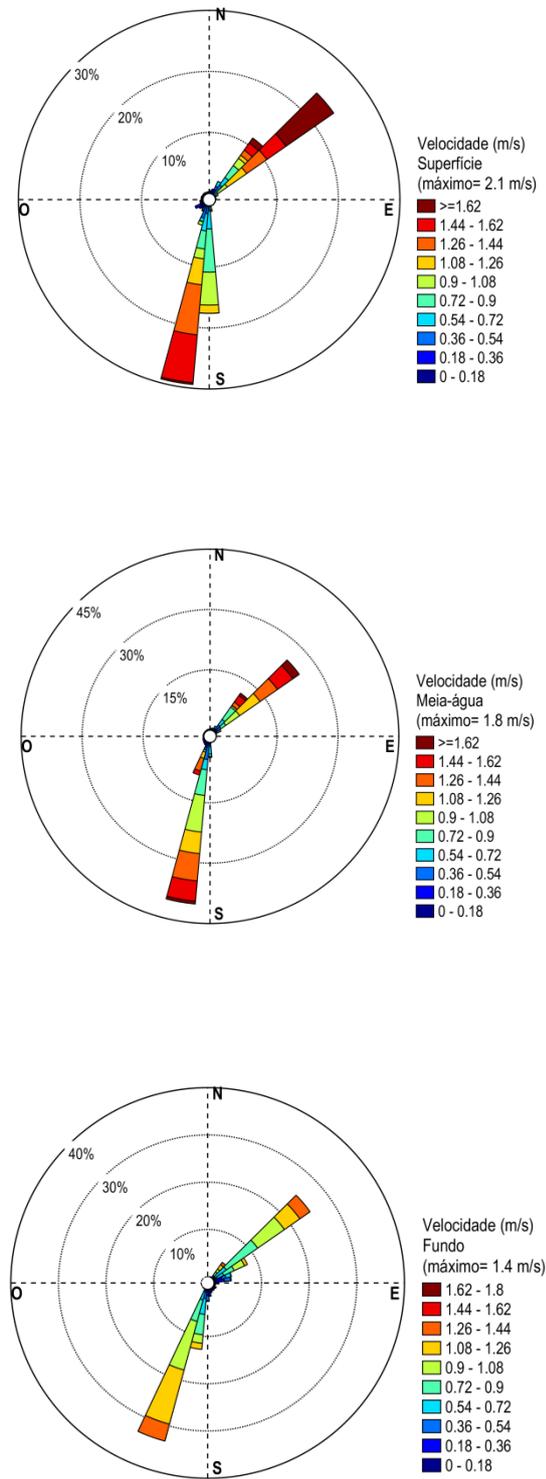


Figura 94: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP SJ-03.

#### 4.13.3 Análise integrada SJ-03: sizígia e quadratura.

As maiores velocidades nesse ponto foram registradas durante a vazante de quadratura, com um valor máximo de 2.09 m/s e direção 47.4 (NE). Na sizígia, o máximo registrado foi de 1.88 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 25% (0.45 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

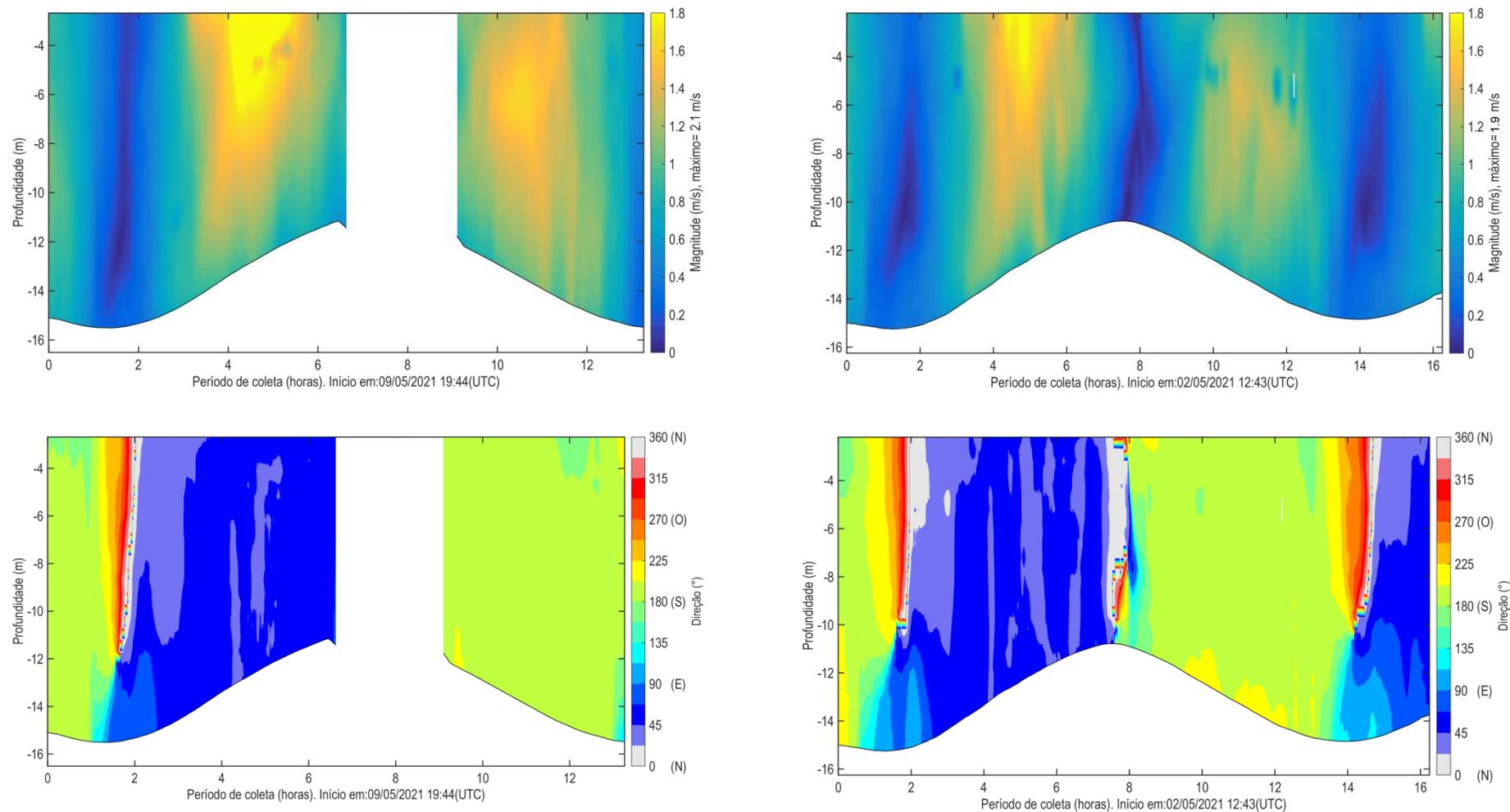


Figura 95: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP SJ-03.

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados correntométricos adquiridos permitiram a caracterização das correntes ao longo dos ciclos de maré de quadratura e sizígia em oito pontos de fundeio ao longo da baía de São Marcos e Baía de São José, no estado do Maranhão. Os locais de medição foram distribuídos da seguinte forma: 10 pontos nas proximidades da Baía de São Marcos (CJ-01, CJ-03, CJ-04, PE-01, PE-02, PI-C4, PI-C6, PI-C7, PI-C8 e EC-01) e 3 pontos na Baía de São José (SJ-01, SJ-02, SJ-03), conforme apresentado pela Figura 2. Com relação a esses levantamentos, destacam-se os seguintes resultados:

- As maiores velocidades no ponto CJ-01 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.60 m/s e direção 71.9° (ENE). Na quadratura, o máximo registrado foi de 0.89 m/s, registrado durante a enchente. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 44% da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente não apresentaram diferenças expressivas, com a maior diferença observada na quadratura, de 15% (0.15 m/s), enquanto na sizígia foi de 6 % (0.1 m/s).

- As maiores velocidades no ponto CJ-03 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.80 m/s e direção 345.2° (NNO). Na quadratura o máximo registrado foi 1.37 m/s, também registrado durante a vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução branda de 24 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.43 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças em torno de 40%, com a maior diferença observada na quadratura, de 42 % (0.57 m/s), enquanto na sizígia foi de 38 % (0.68 m/s).

- As maiores velocidades no ponto CJ-04 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 2.54 m/s e direção 349 (N - NO). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.50 m/s, também registrado durante a vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 41 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 1.04 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças com a maior diferença observada na quadratura, de 40 %, enquanto na

ssizígia foi de 5 %.

- As maiores velocidades no ponto PE-01 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.53 m/s e direção 330.6 (NNO). Na quadratura, o máximo registrado foi de 1.01 m/s, também registrado durante a vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 34 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.52 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças similares observadas na quadratura, de 51 % (0.41 m/s), enquanto na sizígia foi de 50 % (0.76 m/s).

- As maiores velocidades no ponto PE-02 foram registradas durante a enchente de sizígia, com um valor máximo de 2.7 m/s e direção 179.7 (S). Na quadratura, o máximo registrado foi de 1.96 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 27 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 0.74 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente pouca variação, com a maior diferença observada na sizígia, de 11 % (0.5 m/s), enquanto na quadratura foi de 8% (0.16m/s).

- As maiores velocidades no ponto PI-C4 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 3.14 m/s e direção 37.1 (NE). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.41 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 55 % da velocidade na quadratura em relação à sizígia, com uma diferença de 1.73 m/s.

Tanto na quadratura quanto na sizígia as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com a maior diferença observada na sizígia, de 24 % (0.74 m/s), enquanto na quadratura foi de 21% (0.3 m/s).

- As maiores velocidades no ponto PI-C6 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 2.01 m/s e direção 326.6 (NNO). Na quadratura o máximo registrado foi de 2.00 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 40% (0.8 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

- As maiores velocidades no ponto PI-C7 foram registradas durante a enchente de sizígia, com um valor máximo de 2.48 m/s e direção 115 (ESE). Na quadratura, o máximo registrado foi de 1.78 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 28% (0.7 m/s) da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente não apresentaram diferenças expressivas, com redução de 8 % (0.2 m/s) e 10% (0.18 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

- As maiores velocidades no ponto PI-C8 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.49 m/s e direção 1.24 (N). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.32 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução de 11 % (0.17 m/s) da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 33 % (0.49 m/s) e 28% (0.37 m/s), tanto na sizígia como na quadratura, respectivamente.

- As maiores velocidades no ponto EC-01 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.61 m/s e direção 334 (NNO). Na quadratura o máximo registrado foi de 0.78 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia indicam uma redução significativa de 52 % (0.83 m/s) da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 26 % (0.41 m/s) e 23% (0.18 m/s), tanto na sizígia como na quadratura, respectivamente.

- As maiores velocidades no ponto SJ-01 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 1.67 m/s e direção 32.13 (NNE). Na quadratura o máximo registrado foi de 1.79 m/s,

registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 22 % (0.37 m/s) e 27% (0.49 m/s), tanto na sizígia como na quadratura, respectivamente.

- As maiores velocidades no ponto SJ-02 foram registradas durante a vazante de sizígia, com um valor máximo de 0.99 m/s e direção 56.7 (NE). Na quadratura o máximo registrado foi de 0.98 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente não apresentaram diferenças expressivas, com redução de 18% (0.1 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

- As maiores velocidades no ponto SJ-03 Foram registradas durante a vazante de quadratura, com um valor máximo de 2.09 m/s e direção 47.4 (NE). Na sizígia, o máximo registrado foi de 1.88 m/s, registrado durante o meio da vazante. A diferença entre os máximos valores de magnitude da velocidade registrados na quadratura e na sizígia não indicam uma redução significativa da velocidade na quadratura em relação à sizígia.

Tanto na quadratura quanto na sizígia, as máximas velocidades de vazante e de enchente apresentaram diferenças expressivas, com redução de 25% (0.45 m/s), tanto na sizígia como na quadratura.

## 6. REFERÊNCIAS

COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. 1976. Distribuição de sedimentos na baía de São José, Estado do Maranhão (Brasil). Arquivo de Ciências do Mar, Fortaleza, 16(2): 123-127.

CHM, Centro de hidrografia da marinha. 2004. Cartas de correntes de maré: proximidades da baía de São Marcos e portos de São Luís e Itaqui. Disponível em:<<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-publicacoes/publicacoes/ccm/CCM-Baia-Sao-Marcos.pdf>>.

CHULLIAT, A., S. *et al.* 2015. The US/UK World Magnetic Model for 2015-2020: Technical Report, National Geophysical Data Center, NOAA. doi: 10.7289/V5TB14V7.

DAMAZIO, E. *et al.* 1989. Golfo do Maranhão: levantamento bibliográfico sobre oceanografia, biologia marinha e ecologia marinha. Cad. Pesq., São Luís, 5 (2):41-86.

FEMAR, Fundação de Estudos do Mar: Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Disponível em: <<https://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html#maranhao>>. Acesso em: 22 de março de 2017.

FIRING, E.; HUMMON, J. M. 2010. Shipboard ADCP measurements. In: The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan, eds. IOCCP Report Number 14, ICPO Publication Series Number 134. Disponível em: <<http://www.go-ship.org/HydroMan.html>>.

PEREIRA, J. E. R.; HARARI, J. 1995. Modelo numérico tri-dimensional linear da plataforma continental do Estado do Maranhão. Bolm Inst. Oceanogr., São Paulo, 43(1):11-26.

RIBEIRO JR, F.C. 2005. Evolução geomorfológica da franja costeira da Ponta do Bonfim nas décadas de 80 a 00 do século XX. Monografia de Graduação em Geografia (UFMA). São Luís.

UFMA. 2009. Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental da Refinaria Premium I. V. 2. São Luís: UFMA.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Autorização CHM

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Calibração

APÊNDICE B – Arquivo digital

**ANEXO 01**  
**Autorização CHM**

---



**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA**

**AUTORIZAÇÃO Nº 84/21**

**CATEGORIA “B”**

O Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha, de acordo com as delegações de competência estabelecidas pelas Portarias nº 156/MB, de 3 de junho de 2004 e nº 39/DHN, de 23 de março de 2012, AUTORIZA a UMI SAN – Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia Ltda., inscrita sob o nº 135 no Cadastro de Entidades Executantes de Levantamentos Hidrográficos, em conformidade com o art. 37 do Decreto-Lei nº 243, de 28/02/1967, e nos termos das Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-25/DHN (2ª Revisão), a realizar Levantamento Hidrográfico, através de ADCP, nas proximidades do Porto de Itaqui, município de São Luiz, estado do Maranhão, no período de 08 de março a 08 de setembro de 2021, conforme descrito no projeto de Levantamento Hidrográfico recebido por este Centro em 01 de março de 2021.

Esta Autorização não isenta a entidade requerente de obter outras autorizações e/ou licenças federais, estaduais e municipais legalmente exigíveis para realização desta atividade, incluindo aquelas relacionadas a órgãos ambientais e à segurança da navegação, emanadas por Agentes ou Representantes da Autoridade Marítima, sendo obrigatória a sua disponibilização no local de realização do Levantamento Hidrográfico, para efeito de fiscalização.

Conforme o item 0203 da NORMAM-25/DHN (2ª Revisão), a coleta e/ou processamento dos dados deverão ser realizados exclusivamente pela Entidade Executante autorizada. A cessão dos dados a terceiros só deverá ser feita à Entidade Contratante do LH. Caso alguma discrepância seja observada, serão aplicadas as sanções cabíveis à Entidade Executante.

Niterói, 02 de março de 2021.

Por ordem:

**LUMA COSTA LIMA DOS SANTOS**  
Primeiro-Tenente (RM2-EN)  
Ajudante da Seção de Controle de Levantamento Hidrográfico

## APÊNDICE A

### Calibração e configuração dos equipamentos

---



# Declination

**Date** 2021-05-02

**Latitude** 2° 34' 07" S

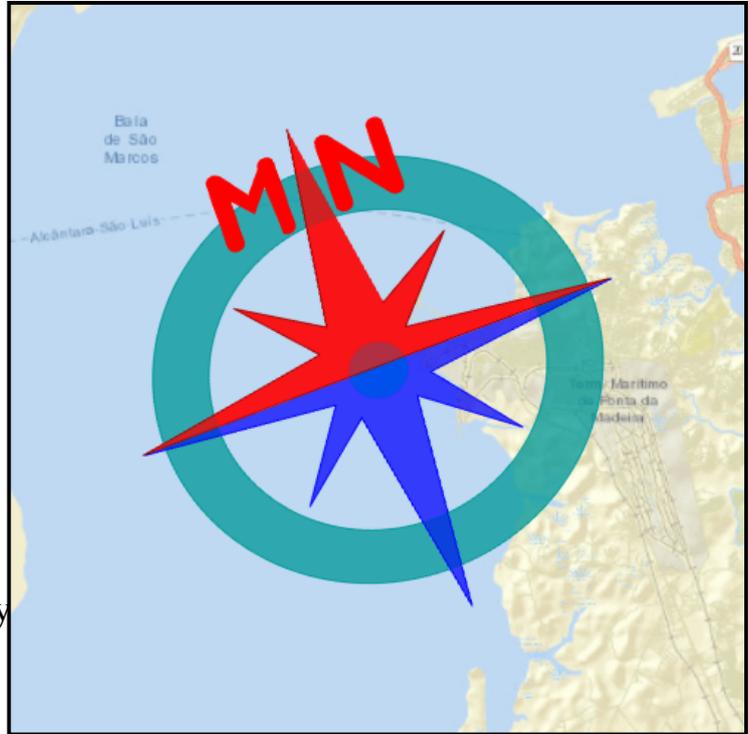
**Longitude** 44° 23' 19" W

**Elevation** 0.0 km GPS

**Model Used** WMM-2020

**Declination** 20° 47' W changing by  
0° 1' E per year

**Uncertainty** 0° 20'



Compass shows the magnetic bearing of the magnetic north (MN)

Magnetic declination is the angle between true north and the horizontal trace of the local magnetic field. In general, the present day field models such as the IGRF and World Magnetic Model (WMM) are accurate to within 30 minutes of arc for the declination. However, local anomalies exceeding 10 degrees, although rare, do exist.

**APÊNDICE B**  
**Arquivo Digital**

---