

RELATÓRIO TÉCNICO

RELATÓRIO DE LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO

BAÍA DE SÃO MARCOS – SÃO LUIS - MA

UMI 海 SAN RT 184 16

CARTAS NÁUTICAS 412, 413 e 414

PERÍODO DO LEVANTAMENTO: 16/10/2016 a 31/10/2016

AUTORIZAÇÃO: 283/16

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 – SÃO LUIS - MA

UMI海SAN RT 184 16

PP 002 16

| Rev | Descrição | Preparado | Verificado | Aprovado | Data |
|-----|------------------------|--------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 1 | Comentarios do cliente | Kaio Lacerda | Thiago Nascimento | Jhonne de Oliveira | 29 novembro 2016 |
| 0 | Interno | Kaio Lacerda | Thiago Nascimento | Jhonne de Oliveira | 18 novembro 2016 |

APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados do Levantamento Hidrográfico (correntometria), respaldado pela autorização nº 283 2016 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), na Baía de São Marcos, cidade de São Luís, 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

Rua Glória, nº 152, Bairro Glória, Vila Velha – ES - CEP 29.122-250

Fone: (27) 3211-1293 - Fax: (27) 3075-9480

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

| | |
|---|--------------------------|
| Patrícia Alves Coordenadora do Escritório de Projetos | Gestor do contrato |
| Rhuan Oliveira Técnico de campo | Trabalhos de campo |
| Marcos Souza Técnico de campo | Trabalhos de campo |
| Lourival Lellis Técnico em Geoprocessamento | Trabalhos de campo |
| Thiago Nascimento Oceanógrafo, MSc Engenharia Ambiental | Gerente de Processamento |
| Jéssica Venturini Oceanógrafa, MSc Oceanografia Ambiental | Trabalhos de gabinete |
| Jhonne Oliveira Coordenador de Produtos | Trabalhos de gabinete |
| Kaio Lacerda Oceanógrafo, MSc Engenharia Ambiental | Trabalhos de gabinete |
| Felipe Dias Estagiário em Oceanografia | Trabalhos de gabinete |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO | 12 |
| 3 | METODOLOGIA | 13 |
| 4 | RESULTADOS | 18 |
| 4.1 | ADCP PCI-5 | 18 |
| 4.1.1 | Sizígia..... | 18 |
| 4.1.2 | Quadratura..... | 22 |
| 4.1.3 | Análise Integrada PCI-5: Sizígia e Quadratura. | 25 |
| 4.2 | ADCP PCI-1 | 27 |
| 4.2.1 | Sizígia..... | 27 |
| 4.2.2 | Quadratura..... | 30 |
| 4.2.3 | Análise Integrada PCI-1: Sizígia e Quadratura. | 34 |
| 4.3 | ADCP PCI-2 | 36 |
| 4.3.1 | Sizígia..... | 36 |
| 4.3.1 | Quadratura..... | 39 |
| 4.3.2 | Análise Integrada PCI-2: Sizígia e Quadratura | 42 |
| 4.4 | RADIAL ILHA DO MEDO | 44 |
| 4.4.1 | Vazante..... | 44 |
| 4.4.2 | Enchente | 46 |
| 4.5 | RADIAL IRMÃ DE DENTRO | 48 |
| 4.5.1 | Vazante..... | 48 |
| 4.5.2 | Enchente | 49 |
| 4.6 | ANÁLISE INTEGRADA DA RADIAL ILHA DO MEDO E RADIAL IRMÃ DE DENTRO | 51 |
| 4.7 | RADIAL ITAQUI | 52 |
| 4.7.1 | Vazante..... | 52 |
| 4.7.2 | Enchente | 54 |
| 4.8 | RADIAL RIO DOS CACHORROS..... | 56 |
| 4.8.1 | Vazante..... | 56 |
| 4.8.2 | Enchente | 58 |
| 4.9 | RADIAL ALUMAR | 60 |
| 4.9.1 | Vazante..... | 60 |
| 4.9.2 | Enchente | 62 |
| 4.10 | ANÁLISE INTEGRADA DAS RADIAIS: RADIAL RIO DOS CACHORROS E RADIAL ALUMAR | 64 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 65 |

| | | |
|---|-------------------|----|
| 6 | REFERÊNCIAS | 65 |
|---|-------------------|----|

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Localização dos ADCPs PCI-1, PCI-2 e PCI-5 e da Radial Itaqui realizada durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia. | 14 |
| Figura 2: Localização da Radial Ilha do Medo e da Radial Irmã de Dentro realizadas durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia. | 15 |
| Figura 3: Localização da Radial Alumar e da Radial Rio dos Cachorros realizadas durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia. | 16 |
| Figura 4: Estrutura utilizada para estabilização do ADCP. | 17 |
| Figura 5: Calibração de campo realizada com os ADCPs para compensar as influências magnéticas locais. | 18 |
| Figura 6: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-5. | 19 |
| Figura 7: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-5. | 20 |
| Figura 8: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-5. | 21 |
| Figura 9: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-5. | 23 |
| Figura 10: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-5. | 23 |
| Figura 11: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-5. | 24 |
| Figura 12: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PCI-5. | 26 |
| Figura 13: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-1. | 27 |
| Figura 14: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-1. | 28 |
| Figura 15: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-1. | 29 |
| Figura 16: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-1. | 31 |
| Figura 17: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-1. | 32 |
| Figura 18: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-1. | 33 |
| Figura 19: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PCI-1. | 35 |

| | |
|--|----|
| Figura 20: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-2..... | 36 |
| Figura 21: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-2..... | 37 |
| Figura 22: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-2. | 38 |
| Figura 23: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-2..... | 39 |
| Figura 24: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-2..... | 40 |
| Figura 25: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-2. | 41 |
| Figura 26: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PCI-2. | 43 |
| Figura 27: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE005. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha do Medo. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial..... | 45 |
| Figura 28: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE012. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha do Medo. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial. | 47 |
| Figura 29: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE000. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha Irmã de Dentro. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial. | 49 |
| Figura 30: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE016. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha Irmã de Dentro. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial. | 50 |
| Figura 31: Período de levantamento da Radial Ilha do Medo e Radial Irmã de Dentro. Maré medida no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. | 52 |
| Figura 32: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 008. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha de Guarapirã. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial. | 53 |
| Figura 33: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 011. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha de Guarapirã. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial. | 55 |
| Figura 34: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 001. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem sul, próximo à margem sul do Rio | |

| | |
|--|----|
| dos Cachorros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial..... | 57 |
| Figura 35: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 018. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem sul, próximo à margem sul do Rio dos Cachorros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial..... | 59 |
| Figura 36: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 005. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à margem oeste do Estreito dos Coqueiros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial..... | 61 |
| Figura 37: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 020. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à margem oeste do Estreito dos Coqueiros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial..... | 63 |
| Figura 38: Período de levantamento da Radial Itaqui, Radial Rio dos Cachorros e Radial Alumar. Maré medida no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. | 65 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PCI-5 durante o período de sizígia. | 22 |
| Tabela 2: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PCI-5 no período de quadratura. | 25 |
| Tabela 3: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PCI-1 durante o período de sizígia. | 30 |
| Tabela 4: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PCI-1 no período de quadratura. | 34 |
| Tabela 5: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PCI-2 durante o período de sizígia. | 39 |
| Tabela 6: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PCI-1 no período de quadratura. | 42 |
| Tabela 7: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE005. | 46 |
| Tabela 8: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE012. | 47 |
| Tabela 9: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE000. | 49 |
| Tabela 10: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE016. | 51 |
| Tabela 11: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 008. | 54 |
| Tabela 12: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 011. | 56 |
| Tabela 13: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 001. | 58 |
| Tabela 14: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 018. | 60 |
| Tabela 15: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo | |

| | |
|---|----|
| da Radial Alumar: radial de coleta 005..... | 62 |
| Tabela 16: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 020..... | 64 |

1 INTRODUÇÃO

A UMI SAN - Serviços de apoio a Navegação e Engenharia Ltda realizou um Levantamento Hidrográfico (Correntometria) - Categoria B, na 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 15 de outubro a 18 de novembro de 2016:

- 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, entre Ponta da Espera e Estreito dos Coqueiros, nas proximidades do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira, do Porto de Itaqui e do Terminal da Alumar.

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 semi-diurnas, onde a média das mais altas (baixas) preamares de sizígia – MHWS (MLWS) - alcançaram alturas de 6.3 (0.6) m 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. Assim a maré dessa região é caracterizada como macromaré, com alturas máximas (diferença entre MHWS e MLWS) entre 4 e 6. As macromarés observadas são responsáveis 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, em especial dos fluxos fluviais de menor volume. A velocidade das correntes entre a Ponta da Espera e o Estreito dos Coqueiros foi registrada por Garcia (2007), apresentando máximos valores

em torno de 1.7 e 2.4 m/s, sendo os maiores valores observados na região da Ponta da Espera próximo da Ilha do Medo.

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).

As observações realizadas por Moraes (1977) no Golfão maranhense mostram ondas com alturas entre 0.6 e 1.4 m e média de 1 m, e períodos oscilando entre 11 e 19 s. As ondas que atingem a Baía de São Marcos apresentam características cuja origem é atribuída exclusivamente pela ação do vento, com ondas com alturas de 0.20 m ocorrendo com uma frequência de 95% do tempo.

3 METODOLOGIA

A coleta dos dados de velocidade e direção das correntes e variação do nível de água foi realizada a partir da aquisição de dados com o ADCP por meio de duas abordagens: ADCP fixo no local de coleta, identificada como fixos, e ADCP em movimento ao longo de radiais, identificada como radiais.

As coletas de dados por meio dos ADCPs fixos foram realizadas em três pontos nas proximidades do Porto de Itaqui, em amostragens que englobaram 13 horas de levantamento, durante períodos de quadratura e sizígia. Os pontos de medição foram denominados PCI-1, PCI-2 e PCI-5, suas posições são apresentadas na Figura 1.



Figura 1: Localização dos ADCPs PCI-1, PCI-2 e PCI-5 e da Radial Itaqui realizada durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia.

As coletas de dados com ADCP por meio das radiais foram realizadas ao longo de cinco radiais localizadas nas proximidades do Porto de Itaqui, da Ponta da Espera e do Estreito dos Coqueiros, em amostragens realizadas durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia. Com o objetivo de realizar os levantamentos nos momentos de máximas velocidades durante a vazante e enchente, buscou-se realizar as radiais no período médio entre a preamar e a baixamar. Para cada radial, foram realizados ao menos dois levantamentos completos da radial durante a vazante e durante a enchente.

As radiais de medição foram denominadas de Radial Itaqui (Figura 1), Radial Ilha do Medo (Figura 2), Radial Irmã de Dentro (Figura 2), Radial Alumar (Figura 3) e Radial Rio dos Cachorros (Figura 3).

Ao longo da Radial Itaqui (Figura 1) foi realizado um total de seis levantamentos no dia 16 de outubro de 2016, sendo duas durante a vazante e quatro durante a enchente. Sendo essas radiais identificadas como 007 e 008, referentes à vazante; 011, 012, 013 e 014, referentes à enchente.

Na Radial Rio dos Cachorros (Figura 3) foi realizado um total de oito levantamentos no dia 16 de outubro de 2016, sendo quatro durante a vazante e quatro durante a enchente. Sendo essas radiais identificadas como

001, 002, 003 e 004, referentes à vazante; 015, 016, 017 e 018, referentes à enchente.

Na Radial Alumar (Figura 3) foi realizado um total de seis levantamentos no dia 16 de outubro de 2016, sendo duas durante a vazante e quatro durante a enchente. Sendo essas radiais identificadas como 005 e 006, referentes à vazante; 019, 020, 021 e 022, referentes à enchente.

Na Radial Irmã de Dentro (Figura 2) foi realizado um total de oito levantamentos da radial no dia 31 de outubro de 2016, sendo quatro durante a vazante e quatro durante a enchente. Sendo essas radiais identificadas como PE000, PE001, PE002 e PE003, referentes à vazante; PE013, PE014, PE015 e PE016, referentes à enchente.

Na Radial Ilha do Medo (Figura 2) foi realizado um total de oito levantamentos da radial no dia 31 de outubro de 2016, sendo quatro durante a vazante e quatro durante a enchente. Sendo essas radiais identificadas como PE005, PE006, PE007 e PE008, referentes à vazante; PE009, PE010, PE011 e PE012, referentes à enchente.

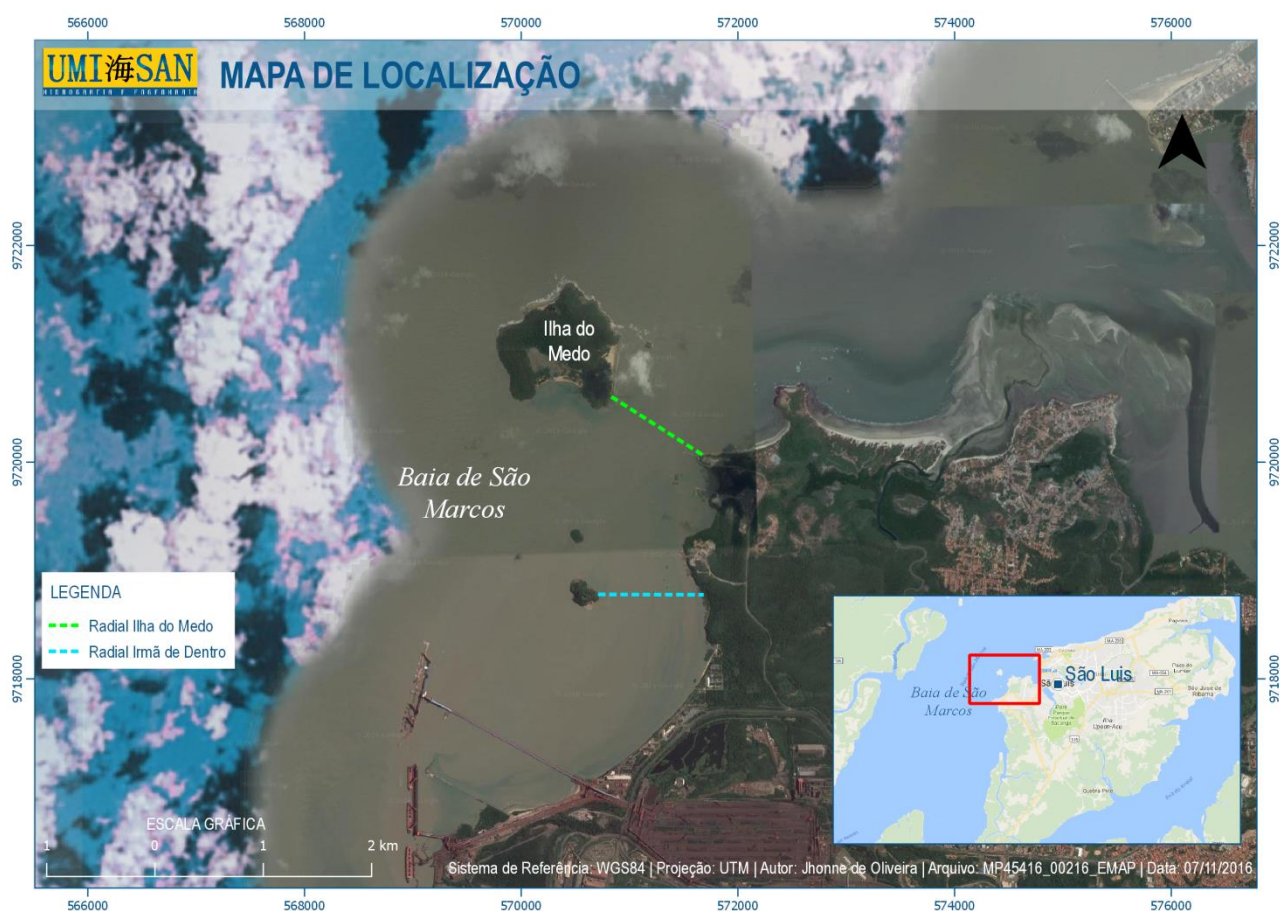


Figura 2: Localização da Radial Ilha do Medo e da Radial Irmã de Dentro realizadas durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia.



Figura 3: Localização da Radial Alumar e da Radial Rio dos Cachorros realizadas durante uma vazante e uma enchente em um período de sizígia.

O Acoustic Doppler Current Profile (ADCP) é muito 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.

Para a presente campanha foi utilizado um ADCP da 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 pelas 13 horas de coleta de dados correntométricos. Dessa forma, o ADCP permaneceu com os sensores voltados para baixo, lendo a corrente na coluna d'água em magnitude e direção. As coletas foram realizadas a cada 10 minutos e a coluna d'água foi dividida em células de 0,5m, visando uma melhor

caracterização da hidrodinâmica em cada coleta.



Figura 4: 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 5). A declinação magnética para o ponto de coleta de correntometria foi obtida a partir do programa GeoMag (-20.54°) e corrigida durante o processamento dos dados. Os documentos de configuração e calibração de campo do ADCP são apresentados no (APÊNDICE A).



Figura 5: Calibração de campo realizada com os ADCPs para compensar as influências magnéticas locais.

4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir das medições realizadas nos pontos de coleta: PCI-5, PCI-1 e PCI-2; e nas radiais: Radial Ilha do Medo, Radial Irmã de Dentro, Radial Itaqui, Radial Rio dos Cachorros e Radial Alumar.

O levantamento ADCP no ponto PCI-5 foi realizado nos dias 18/10/16 (sizígia) e 24/10/16 (quadratura), enquanto no ponto PCI-1 ocorreu nos dias 19/10/16 (sizígia) e 23/10/16 (quadratura), e o PCI-2 ocorreu nos dias 17/10/16 (sizígia) e 22/10/16 (quadratura). Os dados brutos e processados se encontram no APÊNDICE B.

4.1 ADCP PCI-5

4.1.1 Sizígia

A coleta se iniciou 10:46 do dia 18/10/16 e se estendeu até 23:58 do dia 18/10/16, totalizando cerca de 13 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.6 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.8 m de 24 m de profundidade, enquanto a mínima registrada foi na região próxima ao fundo da coluna d'água, a 23 m de 26 m de profundidade, com uma magnitude de 0.004 m/s. As maiores velocidades são observadas durante o período médio de vazante, entre 2 e 6 horas de coleta (Figura 6), quando as maiores velocidades variaram em torno de 1.25 m/s.

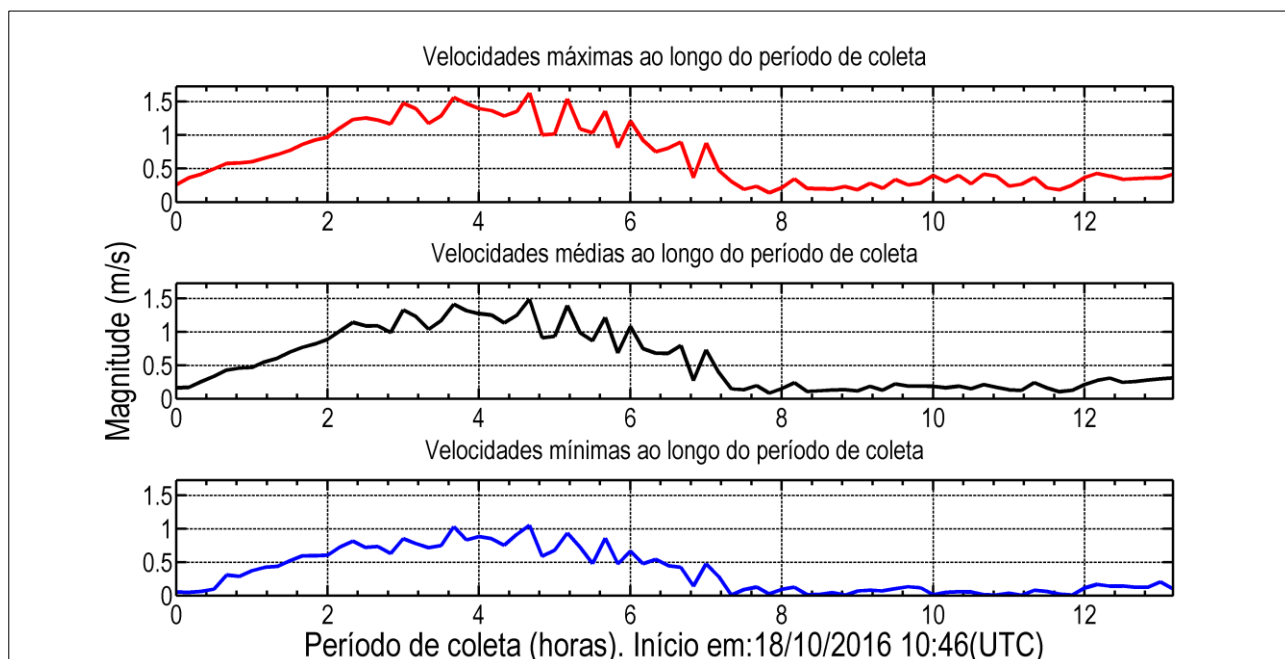


Figura 6: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-5.

Ao longo de todo o período de enchente, entre 7 e 13 horas de coleta (Figura 7), as velocidades foram inferiores a 0.5 m/s, cerca de três vezes menor que as velocidades registradas durante o período médio de vazante.

No entanto, a ocorrência dessas baixas velocidades durante a enchente no ponto do PCI-5 não representa uma característica regional do escoamento da Baía de São Marcos, ocorrendo em função de características locais do ponto de levantamento. O ponto de levantamento se encontra em uma região relativamente abrigada, na margem leste da Baía de São Marcos à frente do Berço 108.

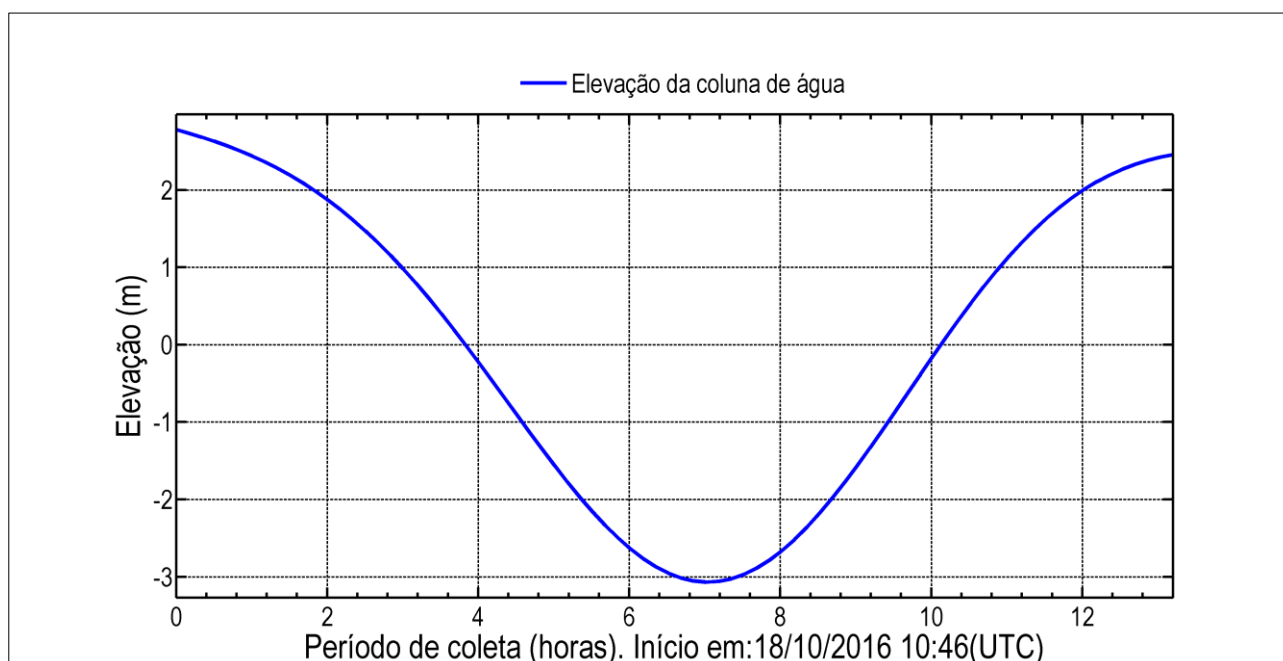


Figura 7: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-5.

Assim, os resultados demonstram que o local é pouco influenciado por correntes de enchente, de forma que, o escoamento local ocorre de maneira predominantemente unidirecional na direção O-NO, com máximas velocidades variando em torno de 1.25 m/s durante a vazante (Figura 8).

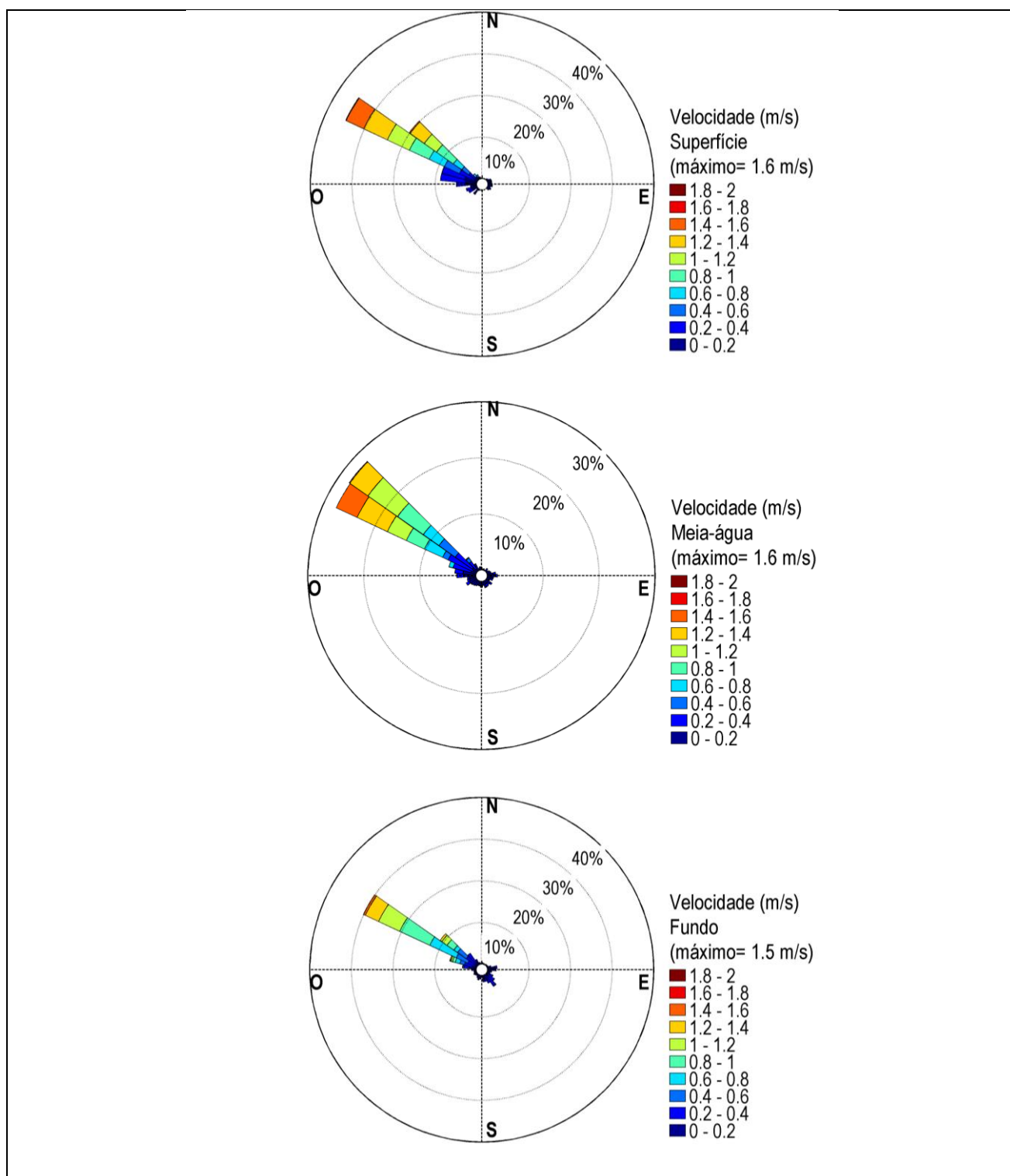


Figura 8: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-5.

A Tabela 1 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PCI-5 durante o período de sizígia.

Tabela 1: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PCI-5 durante o período de sizígia.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 1,628 | 0,004 |
| Direção | O-NO | S-SO |
| Período | Meio da vazante | Final da enchente |
| Hora de coleta | 4,7 | 11,2 |
| Data (UTC) | 18/10/2016 15:27 | 18/10/2016 21:58 |
| Profundidade (m) da medida | 2,818 | 23,26 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 24,308 | 26,347 |

4.1.2 Quadratura

A coleta referente ao período de quadratura ocorreu entre 09:36 e 23:39 do dia 24/10/16, totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.0 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.7 m de 22,7 m de profundidade, enquanto as mínimas registradas ocorreram na região central da coluna d'água, a 12.8 e 16.0 m de 25 m de profundidade (Tabela 2), com uma magnitude de 0.005 m/s.

Assim como observado no período de sizígia, as maiores velocidades são observadas durante o período médio de vazante, entre 10 e 12 horas de coleta (Figura 9), quando as maiores velocidades variaram em torno de 0.9 m/s.

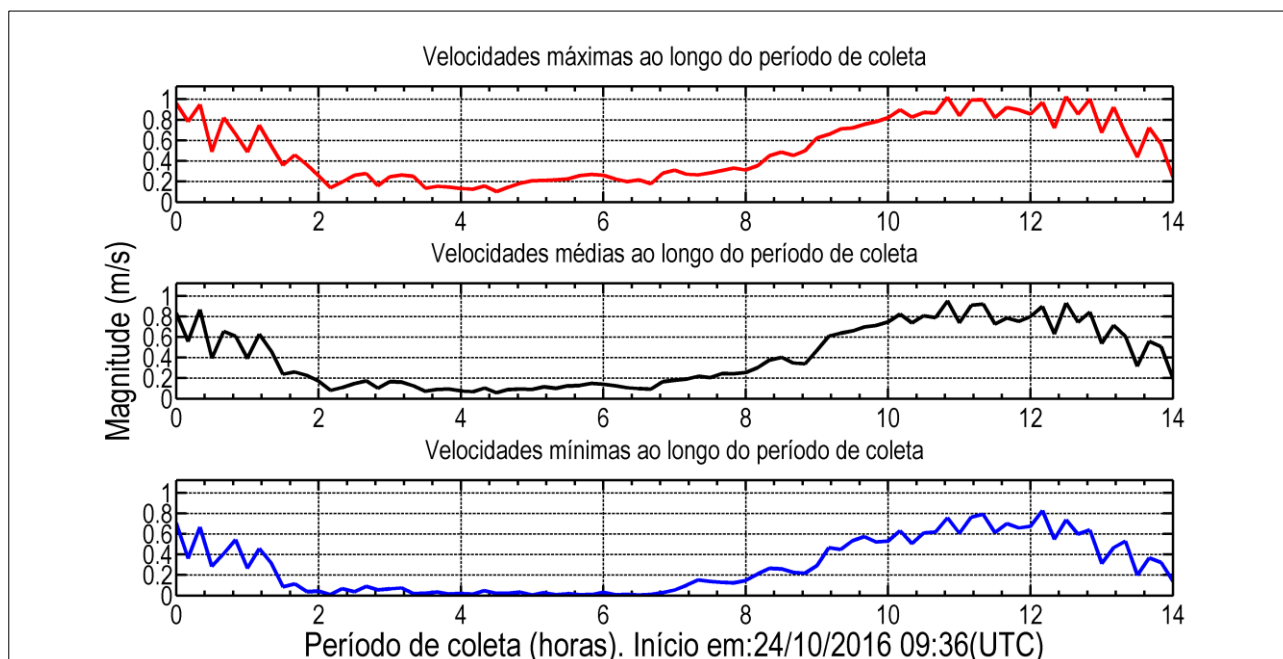


Figura 9: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-5.

Ao longo do período de enchente entre 2 e 8 horas de coleta (Figura 9 e Figura 10) as velocidades foram inferiores a 0.2 m/s, mais de quatro vezes menor que as velocidades registradas durante o período médio de vazante.

As elevadas diferenças entre as velocidades de enchente e vazante obtidas são similares ao observado durante a sizígia, o que indica ser um padrão característico do local, o qual foi relacionado com a posição do ponto PCI-5, que se encontra abrigado em relação às correntes de enchente.

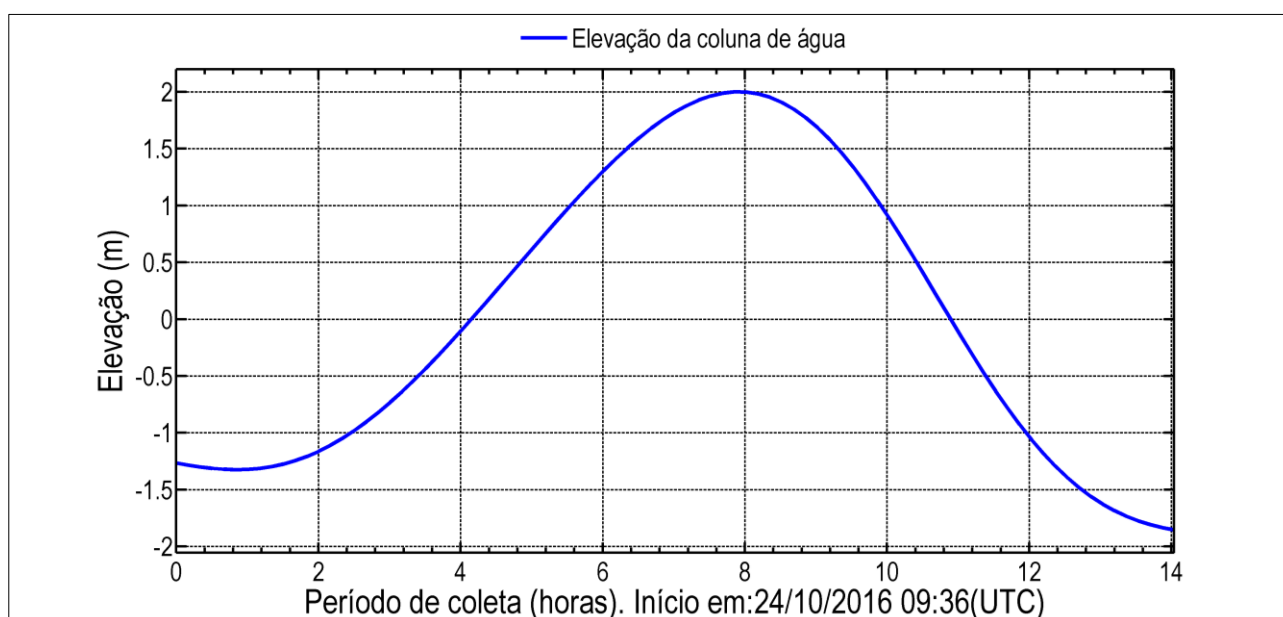


Figura 10: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-5.

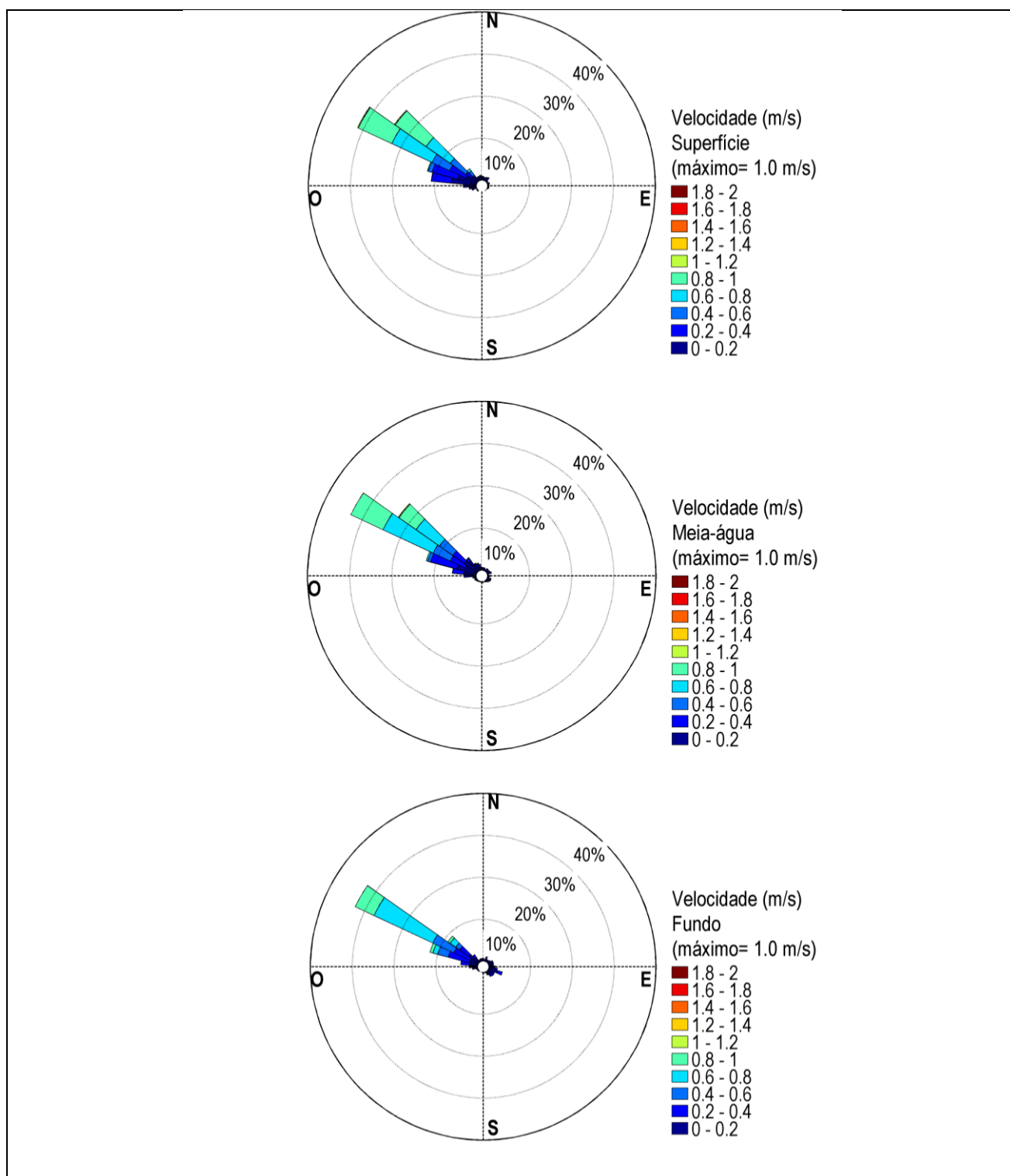


Figura 11: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-5. A Tabela 2 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PCI-5 durante o período de quadratura.

Tabela 2: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PCI-5 no período de quadratura.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 1,026 | 0,005 | 0,005 |
| Direção | O-NO | NE-E | NE-E |
| Período | Final da vazante | Meio da enchente | Final da enchente |
| Hora de coleta | 12,5 | 5,0 | 6,5 |
| Data | 24/10/2016 22:08 | 24/10/2016 14:37 | 24/10/2016 16:07 |
| Profundidade (m) da medida | 2,718 | 12,776 | 16,239 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 22,72 | 24,691 | 25,191 |

4.1.3 Análise Integrada PCI-5: Sizígia e Quadratura.

Tanto na quadratura quanto na sizígia as maiores velocidades ocorreram durante a vazante com direção O-NO, padrão característico de locais com dominância de correntes de vazante (Figura 12), sendo as elevadas diferenças entre vazante e enchente observadas relacionadas com o abrigo local do ponto de coleta em relação às correntes de enchente. As maiores velocidades foram registradas durante a sizígia, com a máxima cerca de 40% maior que a máxima registrada durante o período de quadratura (Figura 12).

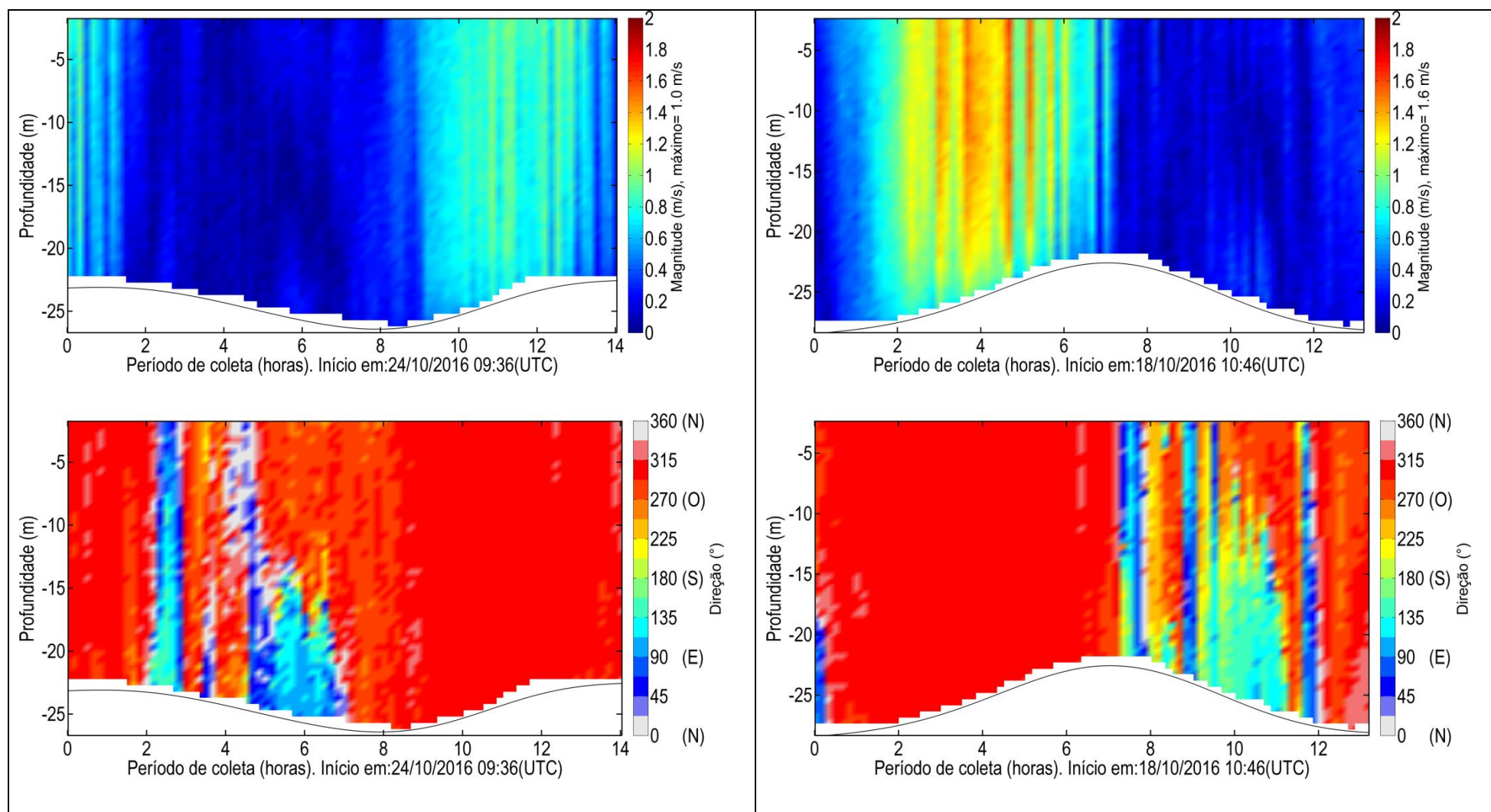


Figura 12: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PCI-5.

4.2 ADCP PCI-1

4.2.1 Sizígia

A coleta se iniciou 10:54 do dia 19/10/16 e se estendeu até 00:56 do dia 20/10/16, totalizando cerca de 14 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.6 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.3 m de 22 m de profundidade, no início da vazante. A mínima velocidade registrada também ocorreu na região superficial da coluna d'água, a 3.2 m de 24 m de profundidade, com uma magnitude de 0.013 m/s, no final da enchente.

Assim como a máxima velocidade, as maiores velocidades são observadas entre o início da vazante e o período médio de vazante, entre 3 e 6 horas de coleta (Figura 13 e Figura 14). Tais velocidades variaram em torno de 1.25 m/s.

Nos períodos de enchente são observadas as menores velocidades ao longo de toda coluna de água (Figura 15 Figura 15), de maneira que, entre 9 e 14 horas de coleta, período de ocorrência da vazante, as maiores velocidades em superfície, meia-água e fundo, foram inferiores a 1.0 m/s (Figura 13). As maiores velocidades registradas no período de enchente variaram em torno de 0.25 m/s.

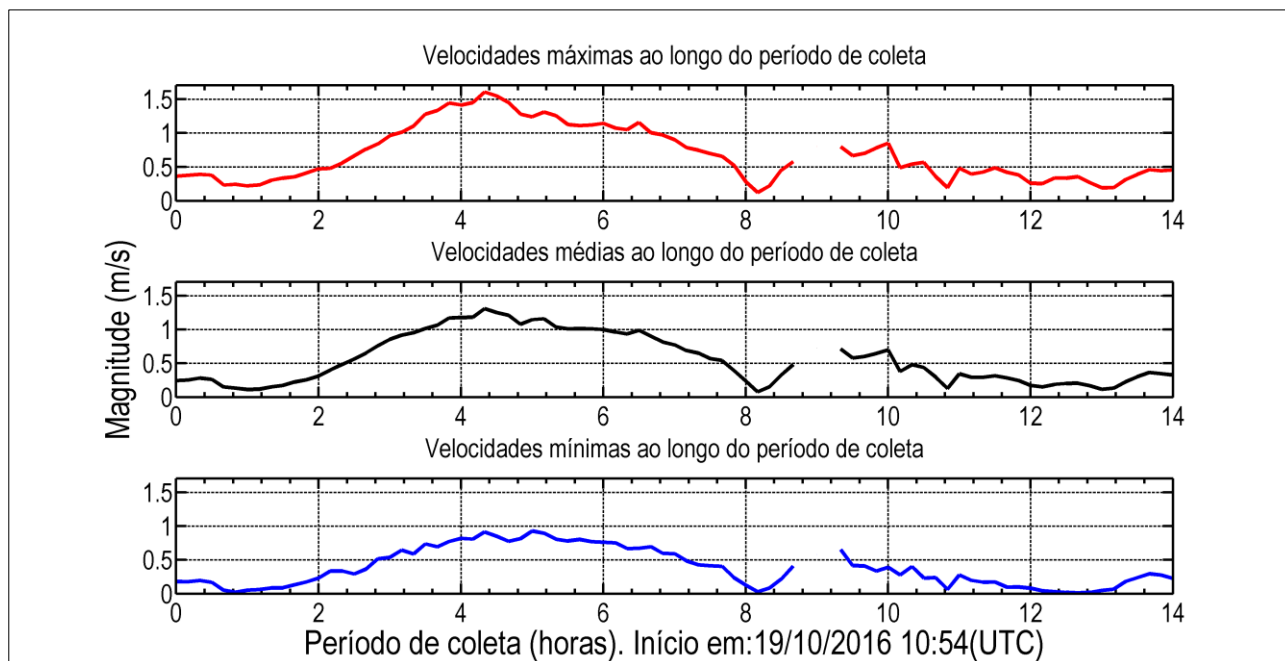


Figura 13: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-1.

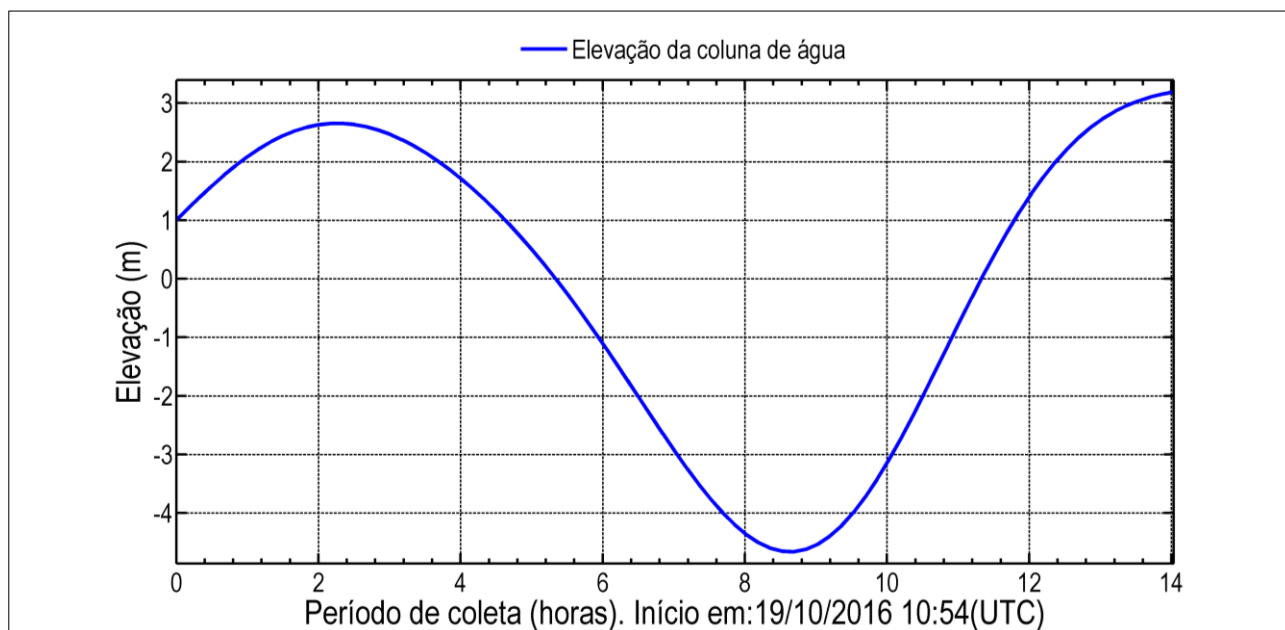


Figura 14: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-1.

No entanto, a ocorrência de velocidades na enchente tão inferiores a correntes de vazante não representa uma característica regional do escoamento da Baía de São Marcos, como discutido para o ponto PCI-5. Esse padrão observado é então atribuído a características locais do ponto de levantamento. O ponto de levantamento do PCI-1 se encontra em uma região relativamente abrigada em relação à orientação da foz da Baía de São Marcos, na margem leste da baía, nas proximidades da região sul do Porto de Itaqui.

Assim, os resultados demonstram que o local é menos influenciado por correntes de enchente em relação às correntes de vazante. O escoamento local ocorreu de maneira predominantemente bidirecional ao longo de toda coluna d'água (Figura 5), evidenciando que a maré foi a força predominante das correntes.

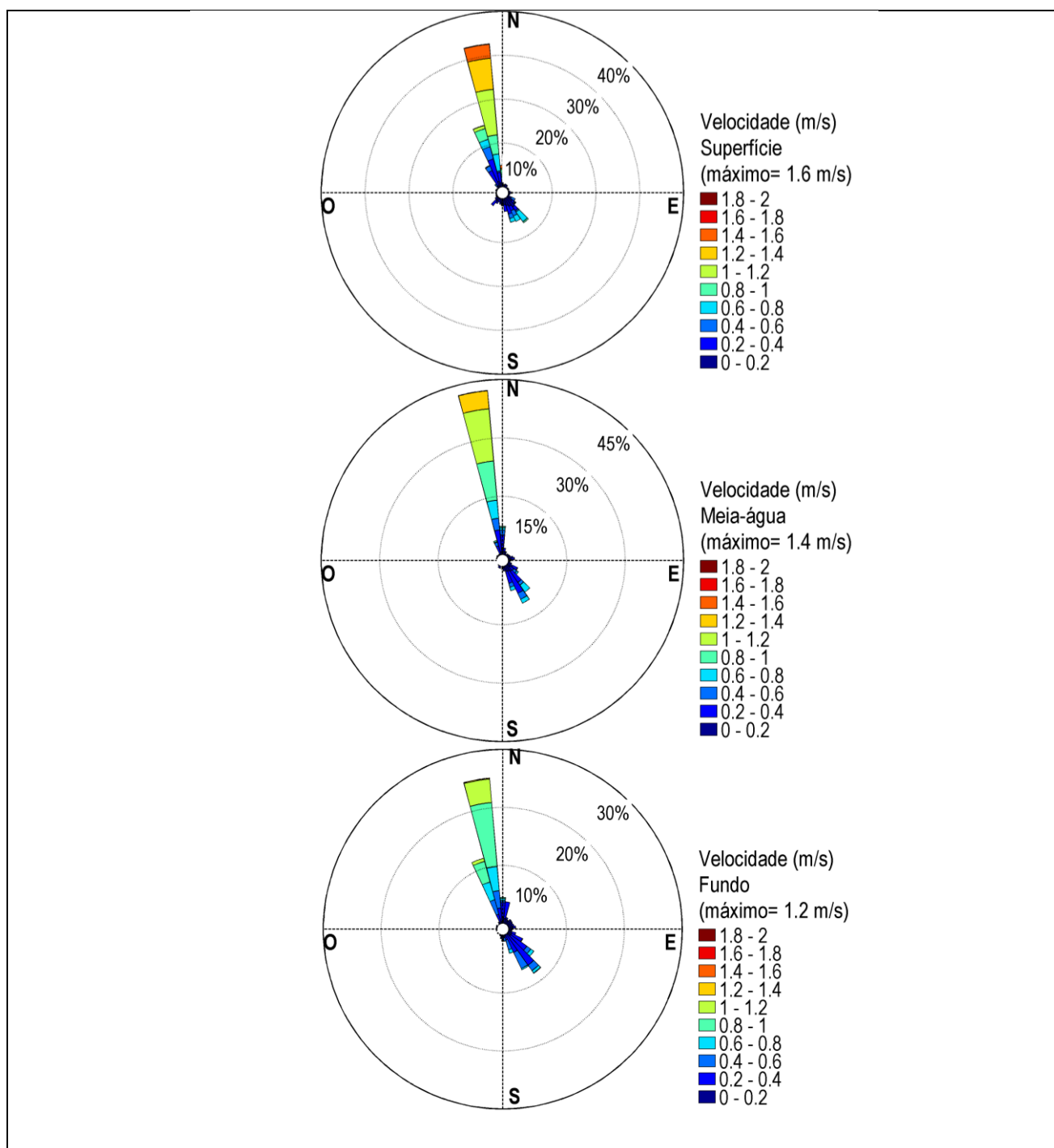


Figura 15: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-1.

A Tabela 3 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PCI-1 durante o período de sizígia.

Tabela 3: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PCI-1 durante o período de sizígia.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 1,605 | 0,013 |
| Direção | NO-N | N-NE |
| Período | Início da vazante | Final da enchente |
| Hora de coleta | 4,3 | 12,7 |
| Data (UTC) | 19/10/2016 15:15 | 19/10/2016 23:36 |
| Profundidade (m) da medida | 2,288 | 3,219 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 22,186 | 23,69 |

4.2.2 Quadratura

A coleta referente ao período de quadratura ocorreu entre 08:30 e 22:22 do dia 23/10/16, totalizando cerca de 14 hs de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.2 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.3 m de 19.8 m de profundidade, bem como a mínima registrada que ocorreu em 2.8 m de 19.3 m de profundidade (Tabela 4), com uma magnitude de 0.01 m/s. A máxima velocidade ocorreu no meio da vazante e a mínima no estofo de vazante.

Assim como observado no período de sizígia, as maiores velocidades são observadas durante os períodos médios de vazante, entre 10 e 12 horas de coleta (Figura 16), com velocidades máximas variando em torno de 1 m/s.

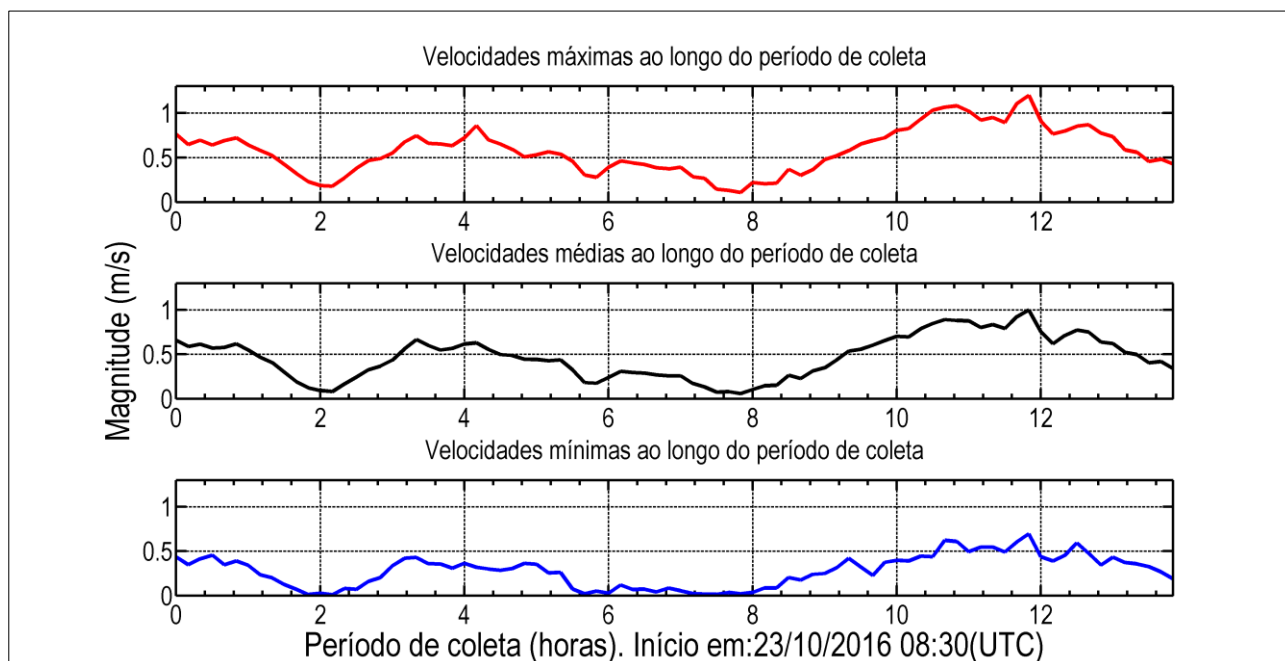


Figura 16: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-1.

Este padrão de correntes característico de locais com corrente vazante dominante foi então observado tanto na sizígia como na quadratura no ponto PCI-1 e PCI-5.

O escoamento local ocorre de maneira predominantemente bidirecional, com direção NO-N na vazante e S-E na enchente (Figura 18), evidenciando que a maré foi a força predominante das correntes.

A partir da Figura 18 se observa a pequena influência das enchentes no local, com a ocorrência de velocidades no quadrante S-E apresentando máximos entre 0.6-0.8 m/s e com frequências inferiores a 15%. Já as correntes de vazante, que ocorrem neste ponto com direção NO-N, apresentaram frequências entre 30 e 45%.

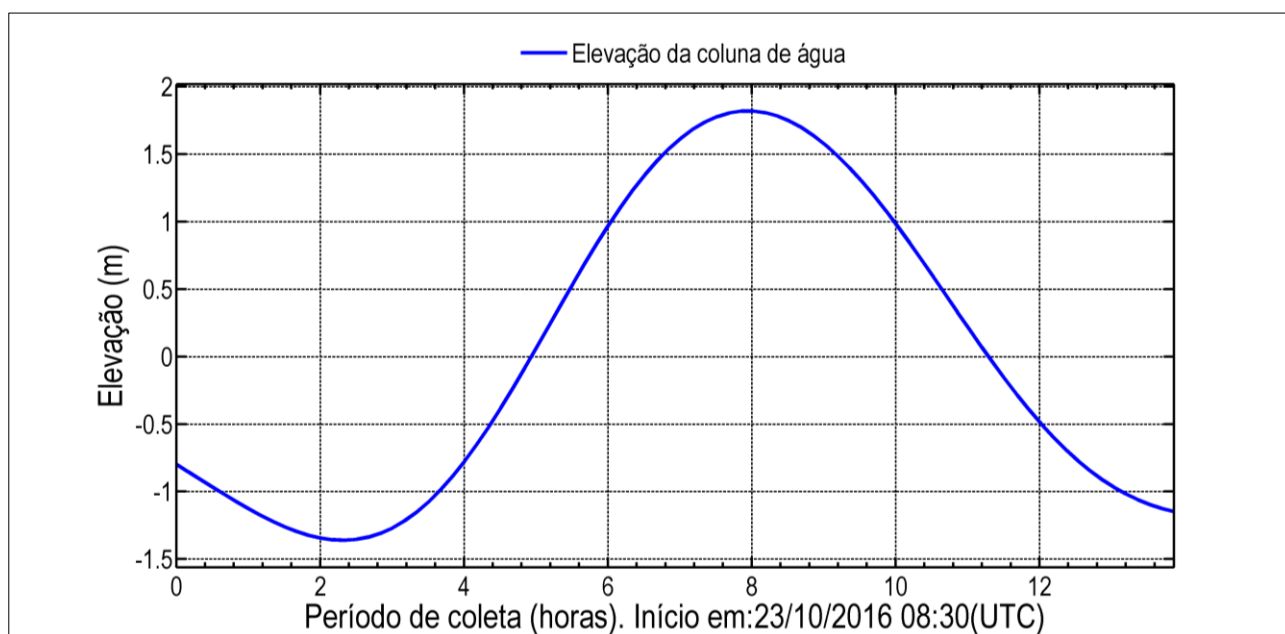


Figura 17: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-1.

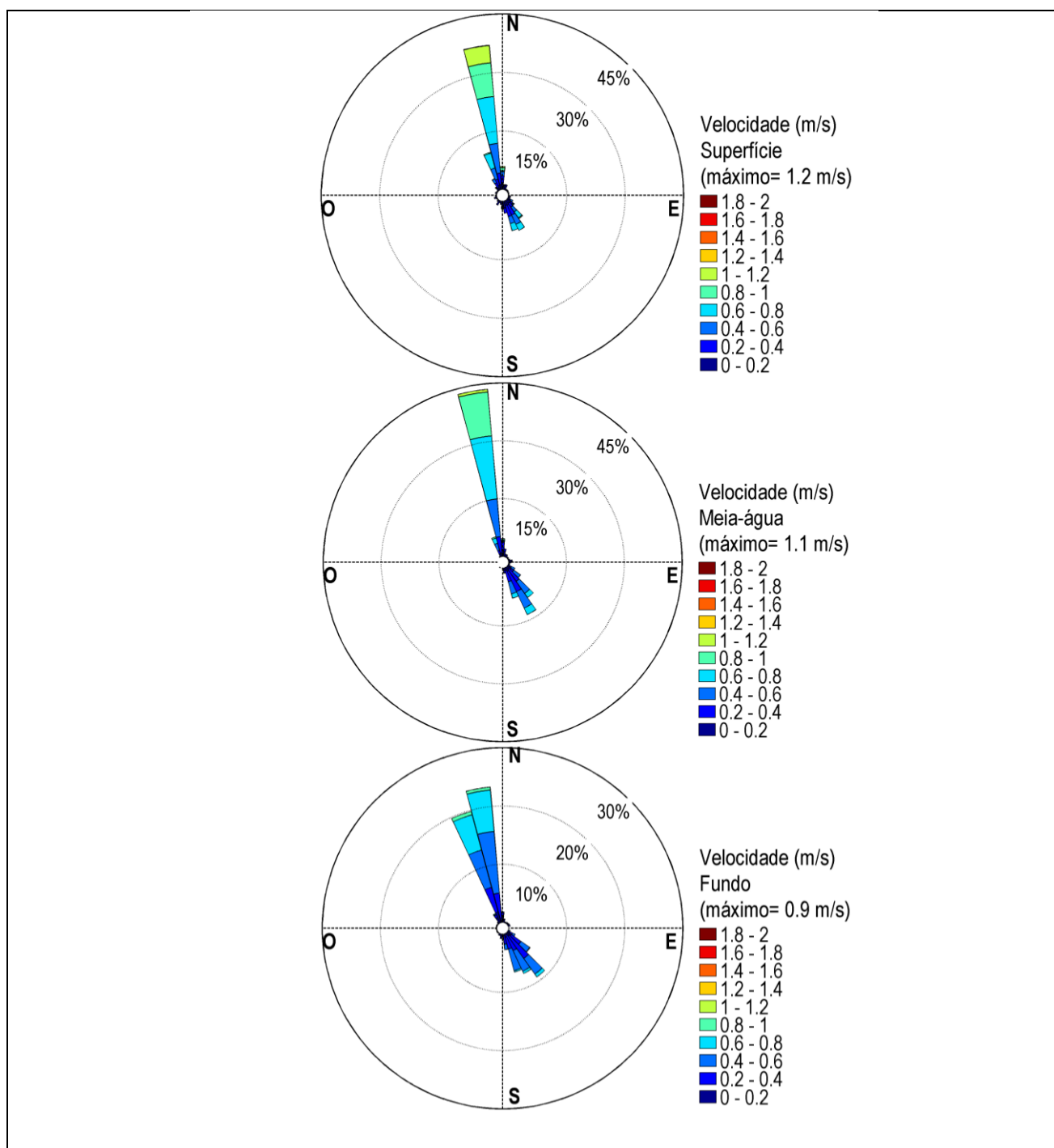


Figura 18: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-1.

A Tabela 4 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PCI-1 durante o período de quadratura.

Tabela 4: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PCI-1 no período de quadratura.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 1.201 | 0.01 |
| Direção | NO-N | SO-O |
| Período | Meio da vazante | Estofo da vazante |
| Hora de coleta | 11.9 | 2.2 |
| Data (UTC) | 10/23/2016 20:22 | 10/23/2016 10:40 |
| Profundidade (m) da medida | 2.303 | 2.805 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 19.777 | 19.287 |

4.2.3 Análise Integrada PCI-1: Sizígia e Quadratura.

Tanto na quadratura quanto na sizígia as maiores velocidades ocorreram durante a vazante com direção NO-N, característico de uma dominância local de correntes de vazante. Sendo que, a elevada diferença entre as correntes de enchente e vazante foram também relacionadas com o abrigo local do ponto PCI-1 em relação às correntes de enchente. As maiores velocidades foram registradas durante a sizígia, com um máximo de 1.6 m/s, o que foi 25% maior que a máxima registrada durante a quadratura (Figura 19).

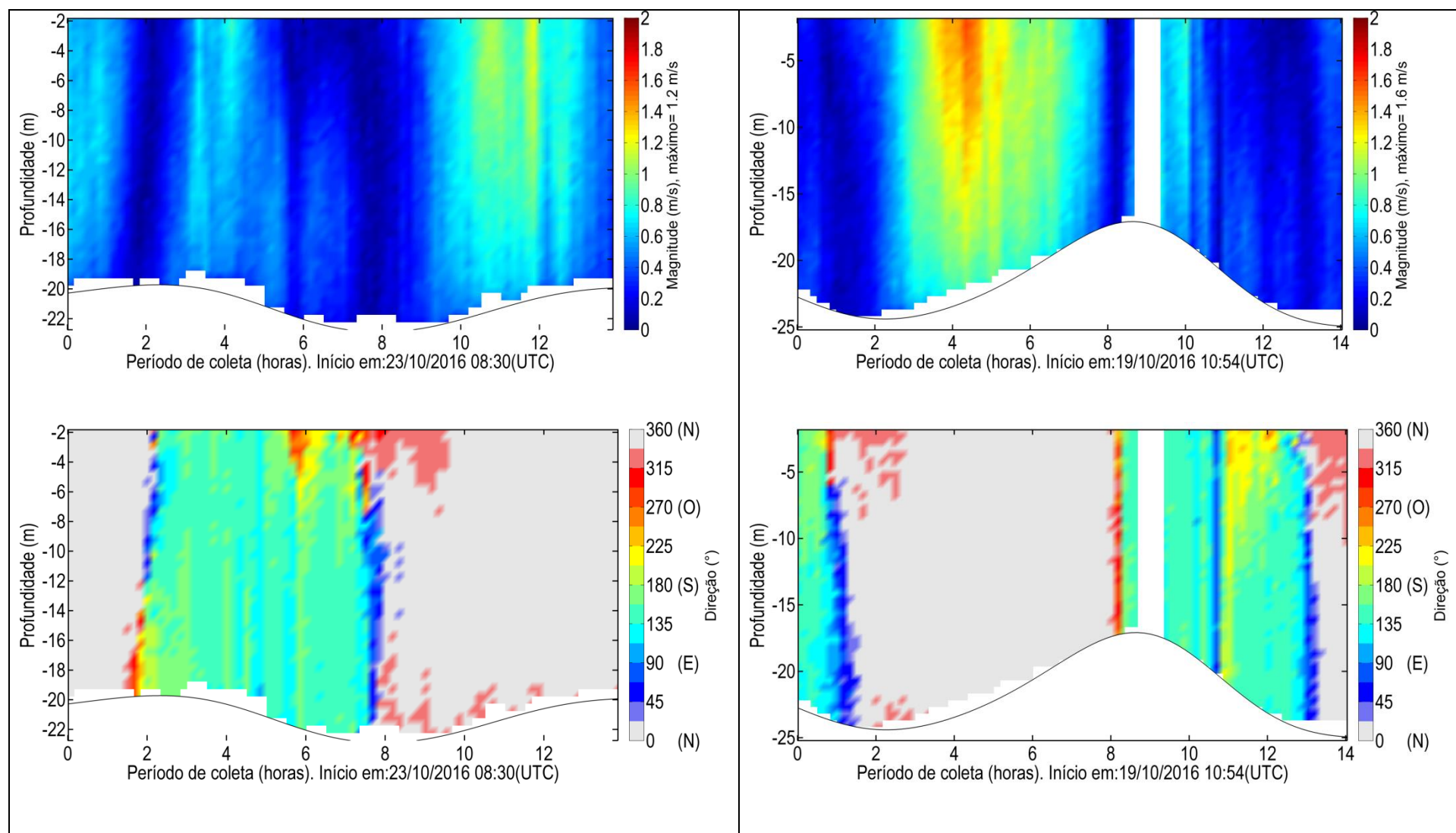


Figura 19: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PCI-1.

4.3 ADCP PCI-2

4.3.1 Sizígia

A coleta se iniciou 10:35 do dia 17/10/16 e se estendeu até 23:16 do dia 17/10/16, totalizando cerca de 13 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.7 m/s na região superficial da coluna d'água, a 2.8 m de 15 m de profundidade, a mínima registrada também ocorreu na região superficial da coluna d'água, a 5 m de 17 m de profundidade, com uma magnitude de 0.013 m/s. As maiores velocidades são observadas durante os períodos médios de enchente, entre 8 e 10 horas de coleta (Figura 20), com as maiores velocidades variando em torno de 1.3 m/s.

Durante a vazante as maiores velocidade ocorreram entre 2 e 4 horas de coleta, alcançando um máximo de 1.5 m/s, com as maiores velocidades variando em torno de 1.3 m/s.

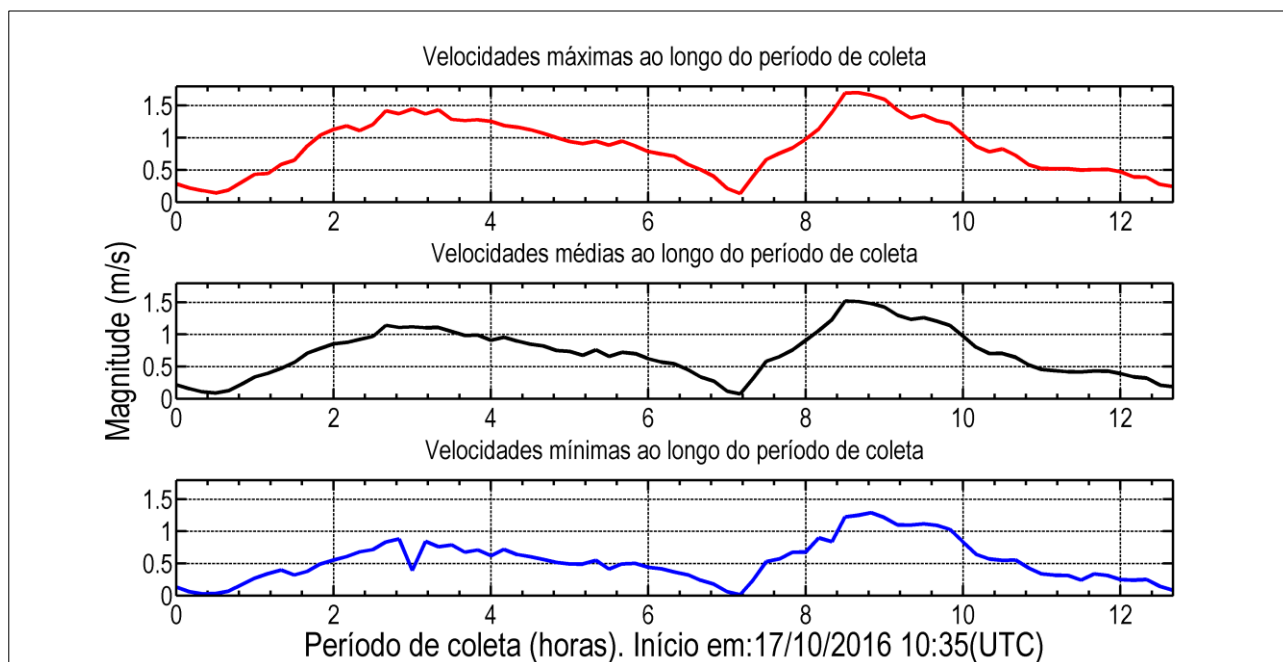


Figura 20: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-2.

As correntes de vazante foram mais duradouras, ocorrendo entre cerca de 0.5 e 7 horas, enquanto as de enchente ocorreram entre 7 e 12.5 horas (Figura 20). Esse padrão também pode ser observado a partir da Figura 22, onde as correntes que ocorrem em torno da direção N, que indicam correntes de vazante, são mais frequentes e de menor intensidade que as que ocorrem na direção S-SE, que indicam correntes de enchente.

Assim, diferente do que foi observado para os pontos PCI-1 e PCI-5, em PCI-2 as correntes apresentaram características de locais com dominância de enchente durante a sizígia.

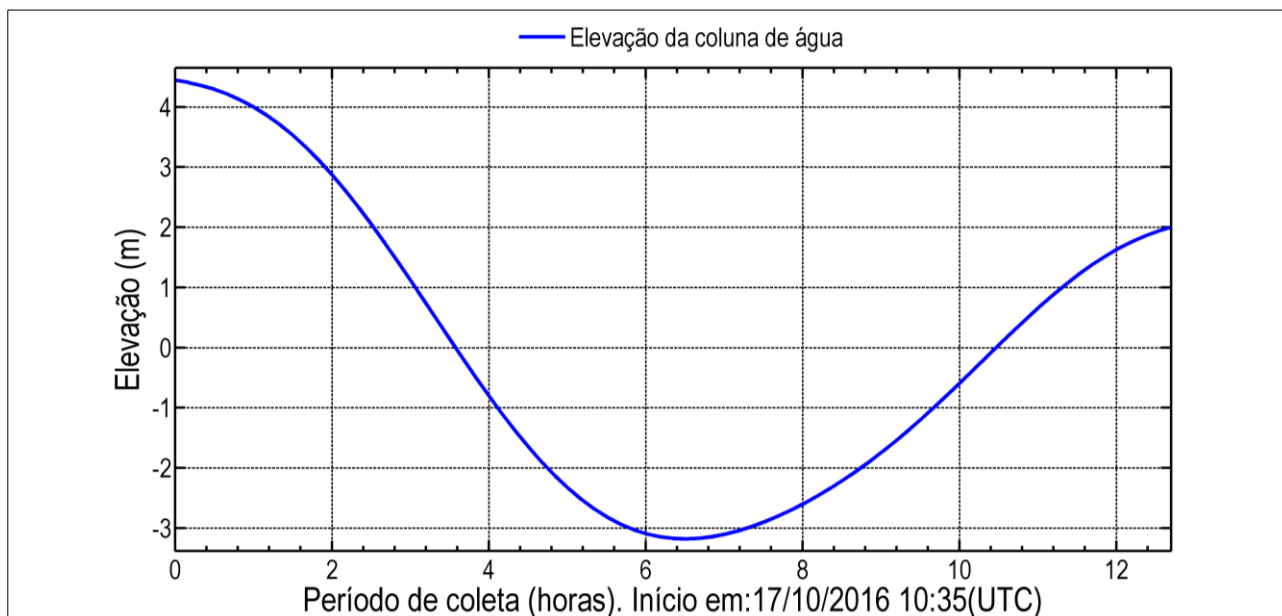


Figura 21: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-2.

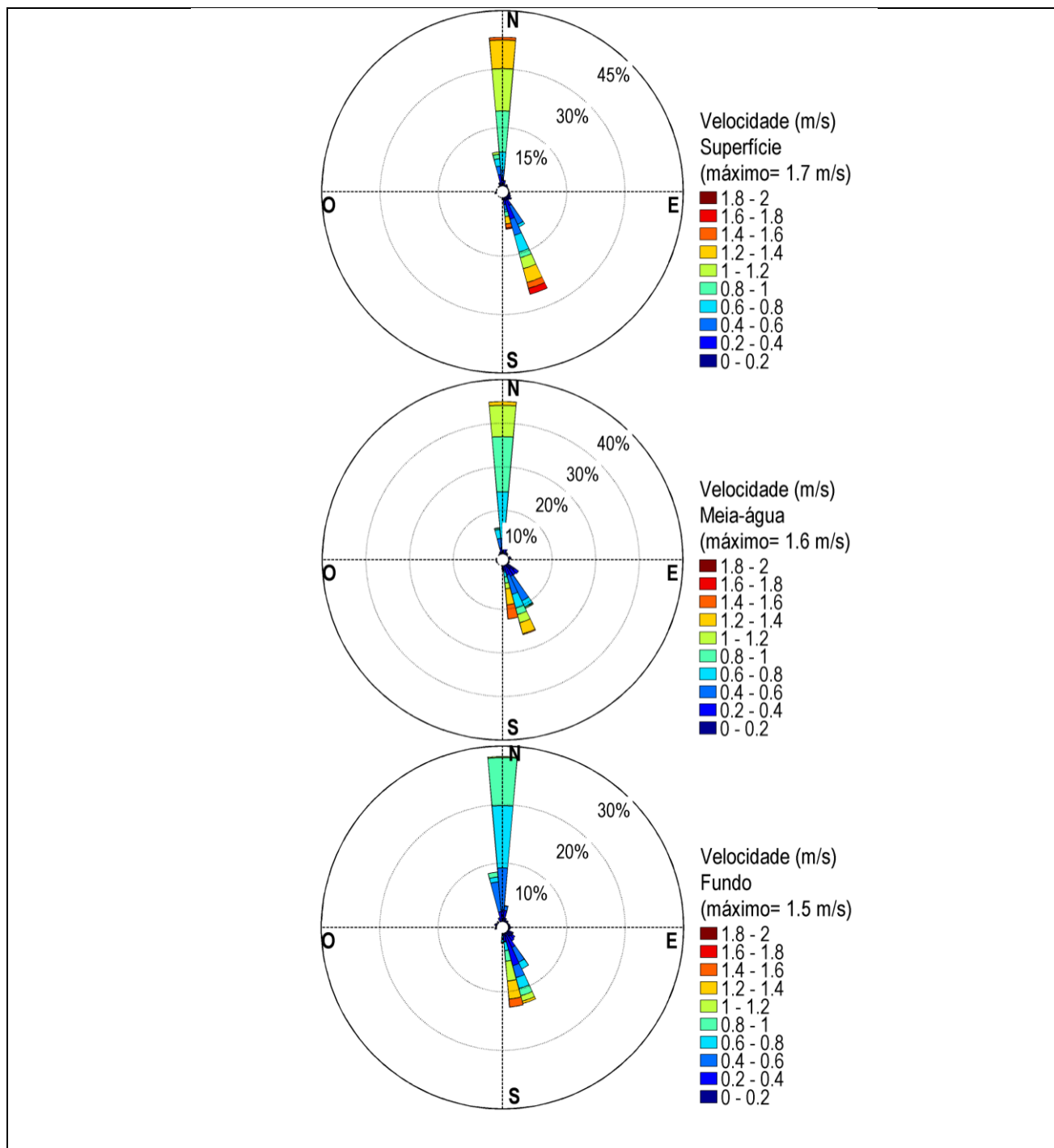


Figura 22: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de sizígia do ADCP PCI-2.

A Tabela 5 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PCI-2 durante o período de sizígia.

Tabela 5: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta PCI-2 durante o período de sizígia.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 1,696 | 0,013 |
| Direção | SE-S | O-NO |
| Período | Meio da enchente | Estofa da vazante |
| Hora de coleta | 8,7 | 7,2 |
| Data (UTC) | 17/10/2016 19:16 | 17/10/2016 17:46 |
| Profundidade (m) da medida | 2,836 | 4,851 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 15,282 | 17,303 |

4.3.1 Quadratura

A coleta se iniciou 07:48 do dia 22/10/16 e se estendeu até 21:20 do dia 22/10/16, totalizando cerca de 13 horas de coleta de dados. A velocidade máxima encontrada no período foi de 1.3 m/s, no período médio de enchente, na região superficial da coluna d'água, a 2 m de 17 m de profundidade. A mínima corrente registrada ocorreu na região central da coluna d'água, a 7 m de 16 m de profundidade, com uma magnitude de 0.001 m/s. As maiores velocidades são observadas durante o período médio da enchente, entre 3 e 5 horas de coleta (Figura 23), com as maiores velocidades variando em torno de 1.0 m/s.

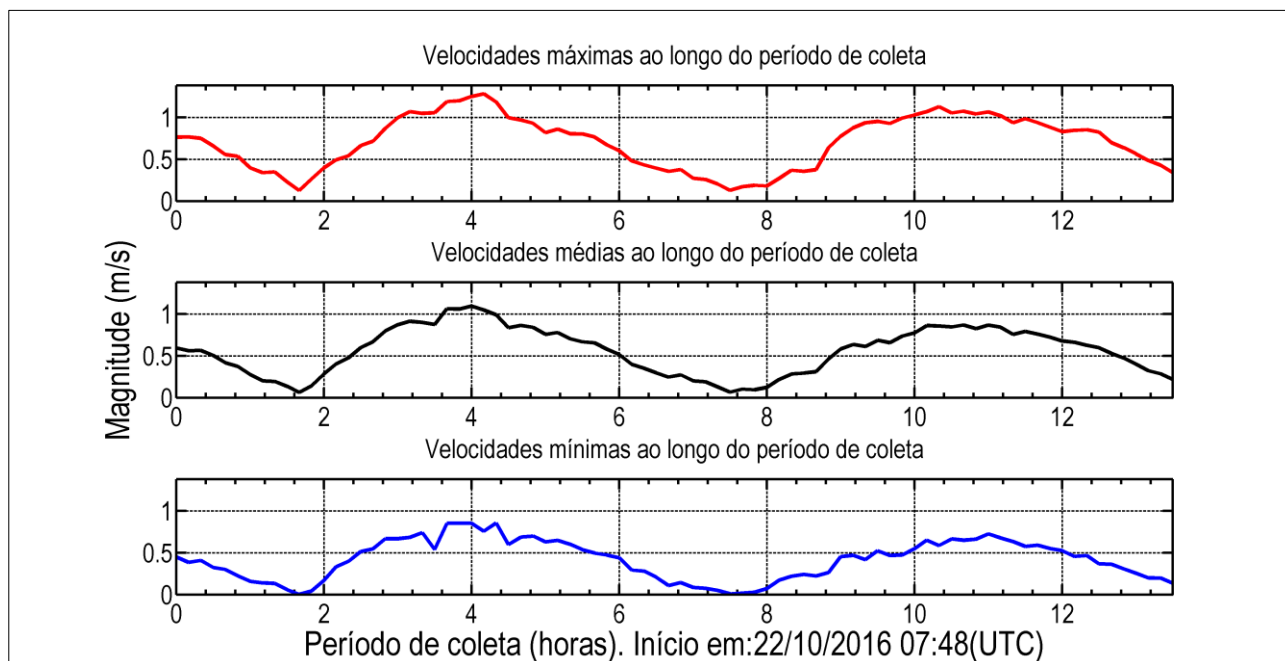


Figura 23: Velocidades médias, máximas e mínimas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-2.

Durante a vazante as maiores velocidade ocorreram entre 10 e 12 horas de coleta, alcançando um máximo de cerca de 1 m/s, com as maiores velocidades variando em torno de 0.75 m/s.

De maneira similar ao observado no período de sizígia, as correntes que ocorrem em torno da direção N, que indicam correntes de vazante, foram mais frequentes, porém, as magnitudes das velocidades foram apenas ligeiramente maiores que as correntes que ocorrem na direção S-SE, que indicam correntes de enchente (Figura 25).

Assim, diferente do que foi observado durante a sizígia no ponto PCI-2, ou do observado nos pontos PCI-1 e PCI-5, não há um padrão evidente de dominância de correntes.

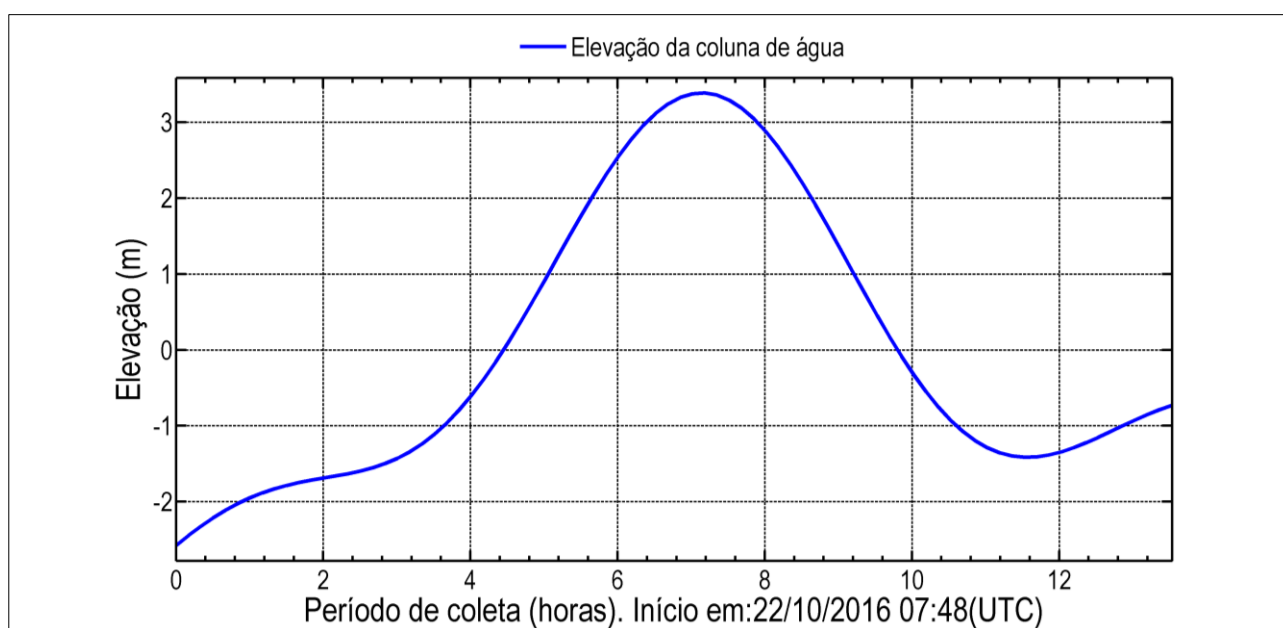


Figura 24: Elevação da coluna d'água ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-2.

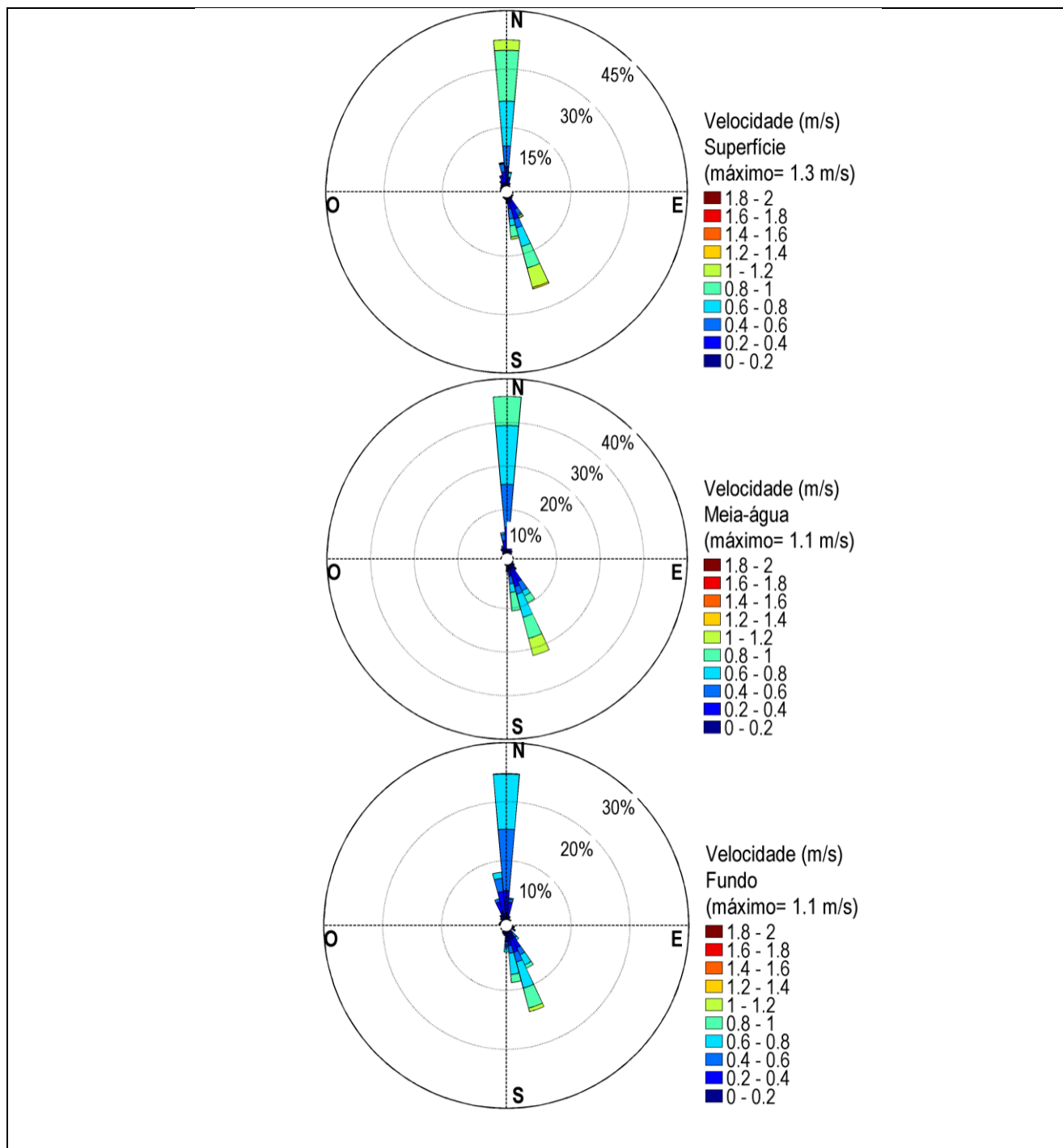


Figura 25: Distribuição e intensidade das correntes registradas ao longo do período de coleta de quadratura do ADCP PCI-2.

A Tabela 6 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas no ponto de coleta PCI-2 durante o período de quadratura.

Tabela 6: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no ponto de coleta do ADCP PCI-1 no período de quadratura.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Magnitude (m/s) | 1,282 | 0,001 |
| Direção | SE-S | NE-E |
| Período | Meio da enchente | Início da enchente |
| Hora de coleta | 4,2 | 1,7 |
| Data (UTC) | 22/10/2016 11:58 | 22/10/2016 09:28 |
| Profundidade (m) da medida | 1,76 | 7,231 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 16,741 | 16,196 |

4.3.2 Análise Integrada PCI-2: Sizígia e Quadratura

Na Figura 26 fica evidente que as maiores velocidades no período de sizígia ocorreram durante a enchente, correntes com direção SE-S (135-180°), padrão também observado na quadratura, porém de maneira menos evidente. As maiores velocidades foram registradas durante a sizígia, com um máximo de 1.7 m/s, o que foi 25% maior que a máxima registrada durante a quadratura.

Tanto na quadratura quanto na sizígia as maiores velocidades ocorreram durante a enchente com direção SE-S, característico de uma dominância local de correntes de enchente. Sendo que, a elevada diferença entre as correntes de enchente e vazante foram também relacionadas com o abrigo local do ponto PCI-2 em relação às correntes de enchente. As maiores velocidades foram registradas durante a sizígia, com um máximo de 1.6 m/s, o que foi 23% maior que a máxima registrada durante a quadratura (Figura 26).

Assim, diferente do que foi observado para os pontos PCI-1 e PCI-5, em PCI-2 as correntes apresentaram características de locais com dominância de enchente, o que foi mais evidente durante a sizígia.

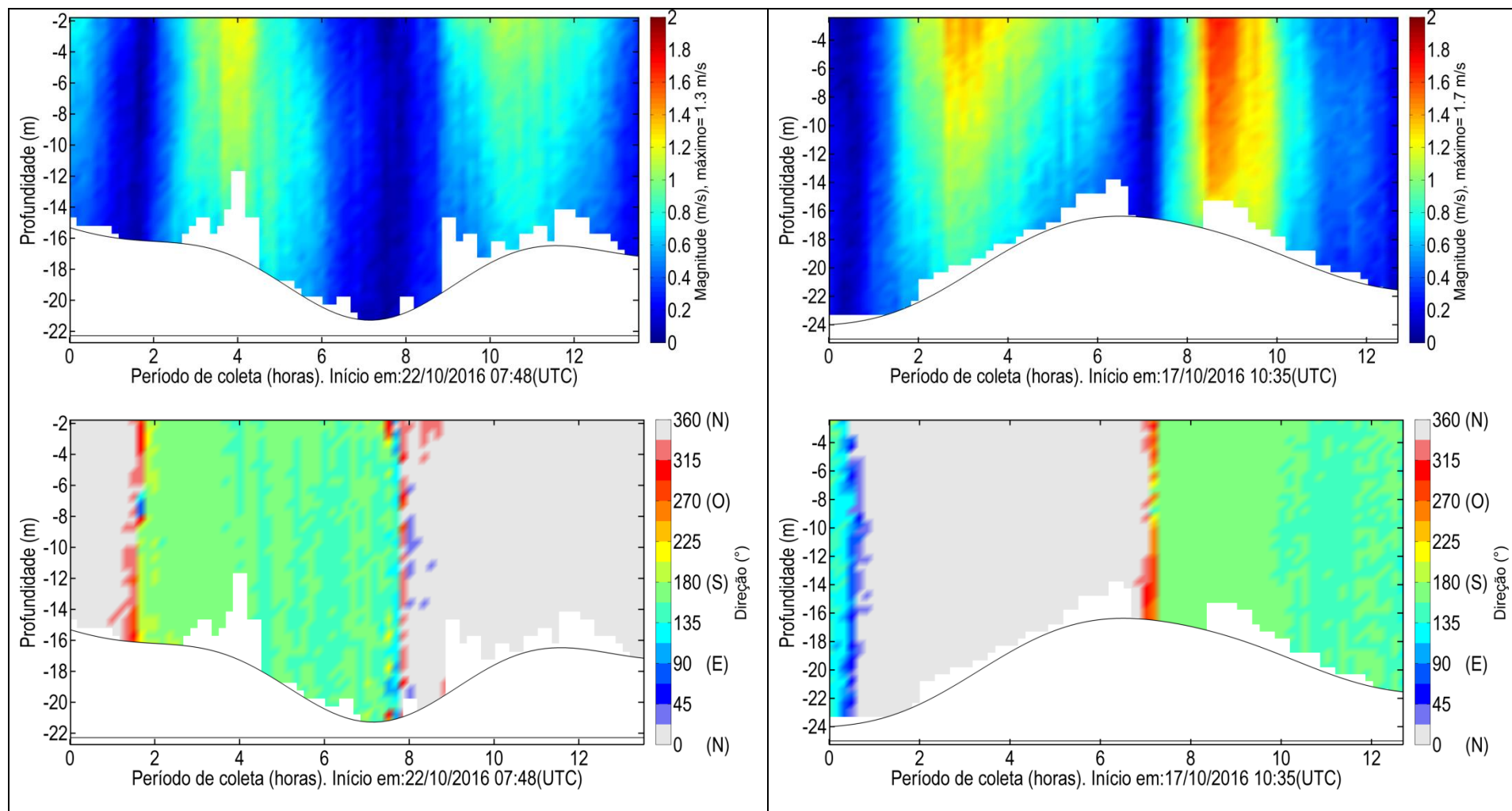


Figura 26: Magnitude e direção das correntes ao longo do período de coleta de quadratura (à esquerda) e sizígia (à direita) do ADCP PCI-2.

4.4 RADIAL ILHA DO MEDO

Na Radial Ilha do Medo (Figura 2) foi realizado um total de oito levantamentos da radial no dia 31 de outubro de 2016, quatro durante a vazante e quatro durante a enchente, sendo essas radiais identificadas como:

- Vazante: **PE005**, PE006, PE007 e PE008
- Enchente: PE009, PE010, PE011 e **PE012**

onde, as radiais que apresentaram as maiores velocidades em cada período de maré encontra-se destacado em negrito.

A seguir serão apresentados os resultados de vazante e enchente dessas radiais identificadas como de maiores velocidades. Os resultados das demais radiais estão presentes no APÊNDICE B.

4.4.1 Vazante

A radial PE005 foi realizada entre 12:39 e 12:47 (UTC) do dia 31/10/2016, com cerca de 800 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 26 m. A velocidade máxima encontrada na radial foi de 3.9 m/s com direção N-NE (vazante), registrada na região central da coluna d'água, a 10 m de 25 m de profundidade e a 200 m de distância da margem oeste (Ilha do Medo) da radial. A mínima corrente registrada ocorreu na região superficial da coluna d'água, a 3.7 m de 16 m de profundidade, com uma magnitude de 0.1 m/s a 12 m de distância (Figura 27) e direção E-SE (paralela à radial). As maiores velocidades ocorreram entre 100 e 500 m de distância (Figura 27), com as maiores velocidades entre 2.5 e 3.9 m/s e direção entre 0-45° (N-NE).

A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção N-NE (0-45°), o que é perpendicular à radial e representa correntes de vazante.

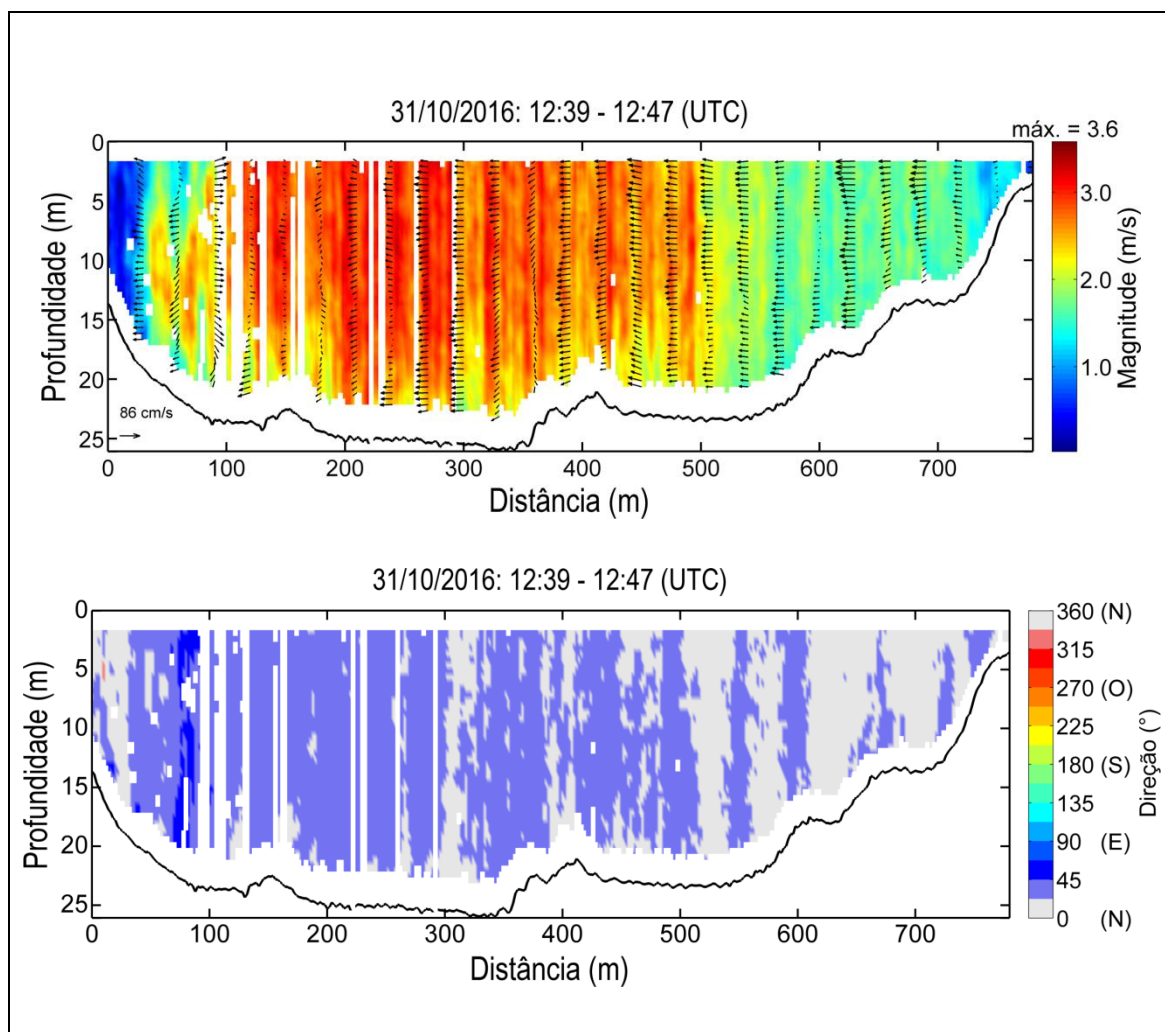


Figura 27: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE005. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha do Medo. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 7 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a vazante na Radial Ilha do Medo ao longo da radial de coleta PE005.

Tabela 7: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE005.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 3.9 | 0.1 |
| Direção | N-NE | E-SE |
| Distância da coleta | 200.0 | 12.0 |
| Data (UTC) | 10/31/2016 12:41 | 10/31/2016 12:39 |
| Profundidade (m) da medida | 10.2 | 3.7 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 25.3 | 16.4 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 26.1 | 26.1 |

4.4.2 Enchente

A radial PE012 foi realizada entre 19:53 e 20:02 (UTC) do dia 31/10/2016, com cerca de 800 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 26 m. Assim como observado na vazante, a velocidade máxima encontrada na radial foi de 3.9 m/s, porém, com direção S-SO (enchente), registrada na região próxima ao fundo, a 25.3 m de 26 m de profundidade e a 222 m de distância da margem oeste (Ilha do Medo) da radial, onde elevados valores de velocidade (~3.6 m/s) ocorrem ao longo de toda a coluna d'água. A mínima corrente registrada ocorreu na região superficial da coluna d'água, a 4.2 m de 6.2 m de profundidade, com uma magnitude de 0.1 m/s no início da radial (0 m, Figura 28) e com direção NO-N (paralela à radial). As maiores velocidades ocorreram entre 70 e 500 m de distância (Figura 28), com as maiores velocidades entre 2.5 e 3.9 m/s e direção entre 180-225° (S-SO).

A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção S-SO, o que é perpendicular à radial e representa correntes de enchente.

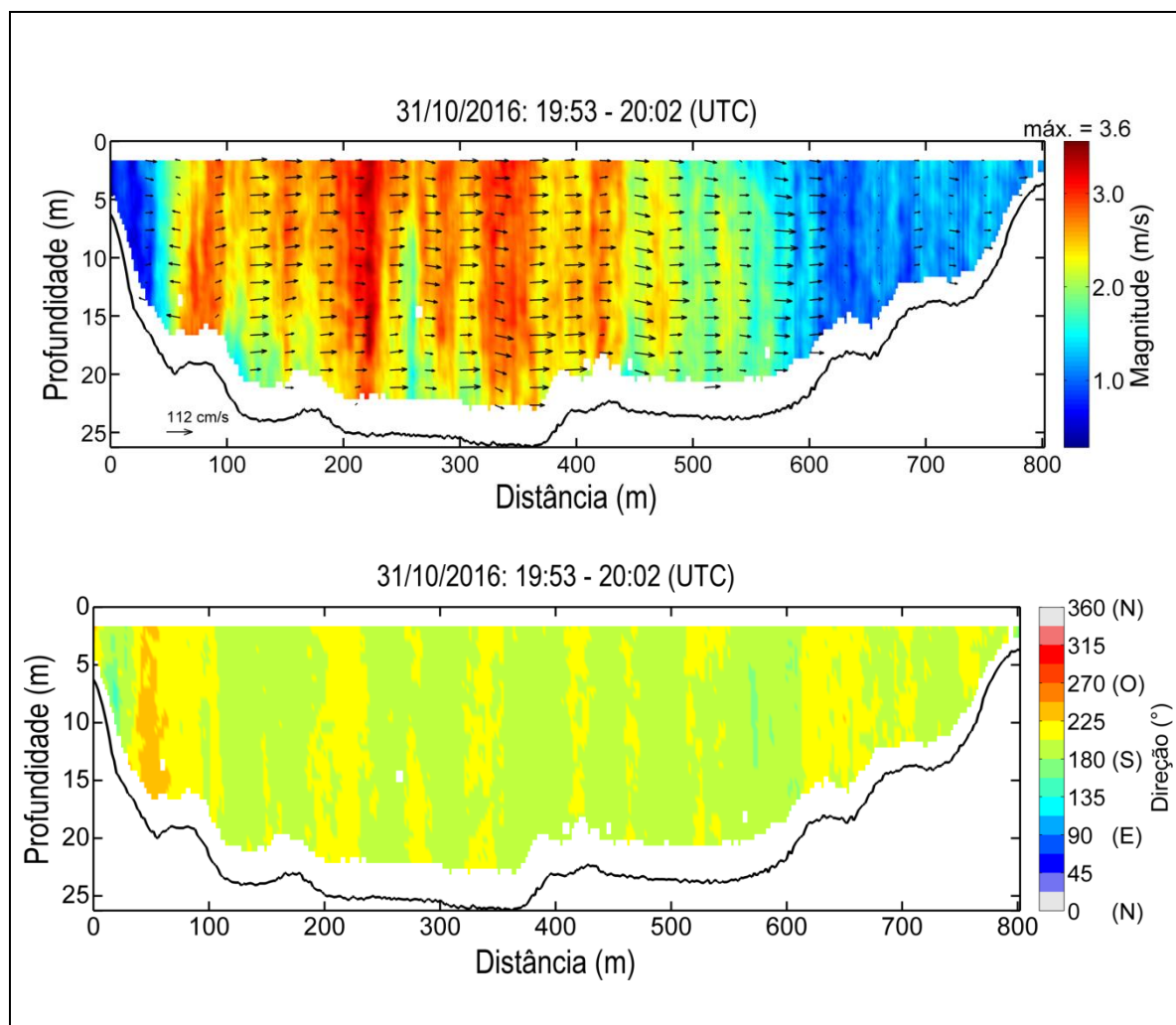


Figura 28: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE012. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha do Medo. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 8 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a enchente na Radial Ilha do Medo ao longo da radial de coleta PE012.

Tabela 8: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Ilha do Medo: radial de coleta PE012.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 3.9 | 0.1 |
| Direção | S-SO | NO-N |
| Distância da coleta | 222.0 | 0.0 |
| Data (UTC) | 10/31/2016 19:55 | 10/31/2016 19:53 |
| Profundidade (m) da medida | 15.7 | 4.2 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 25.3 | 6.2 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 26.3 | 26.3 |

4.5 RADIAL IRMÃ DE DENTRO

Na Radial Irmã de Dentro (Figura 2) foi realizado um total de oito levantamentos da radial no dia 31 de outubro de 2016, quatro durante a vazante e quatro durante a enchente, sendo essas radiais identificadas como:

- Vazante: **PE000**, PE001, PE002 e PE003
- Enchente: PE013, PE014, PE015 e **PE016**

onde, as radiais que apresentaram as maiores velocidades em cada período de maré encontra-se destacada em negrito.

A seguir serão apresentados os resultados de vazante e enchente dessas radiais identificadas como de maiores velocidades. Os resultados das demais radiais estão presentes no APÊNDICE B.

4.5.1 Vazante

A radial PE000 foi realizada entre 11:56 e 12:04 (UTC) do dia 31/10/2016, com cerca de 800 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 7.3 m. A velocidade máxima encontrada na radial foi de 2.4 m/s com direção NO-N (vazante), registrada na região central da coluna d'água, a 2.2 m de 6 m de profundidade e a 182 m de distância da margem oeste (Ilha Irmã de Dentro) da radial (Figura 29, Tabela 9). A mínima corrente registrada também ocorreu na região próxima ao fundo da coluna d'água, a 2.7 m de 4 m de profundidade, com uma magnitude de 0.1 m/s a 6 m de distância (Figura 29, Tabela 9) e direção NO-N (vazante). As maiores velocidades ocorreram ao longo de quase toda radial entre 50 e 700 m de distância (Figura 29), com as maiores velocidades entre 1.25 e 2.4 m/s e direção entre 0-315° (N0-N, vazante).

A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção N0-N, o que é perpendicular à radial e representa correntes de vazante.

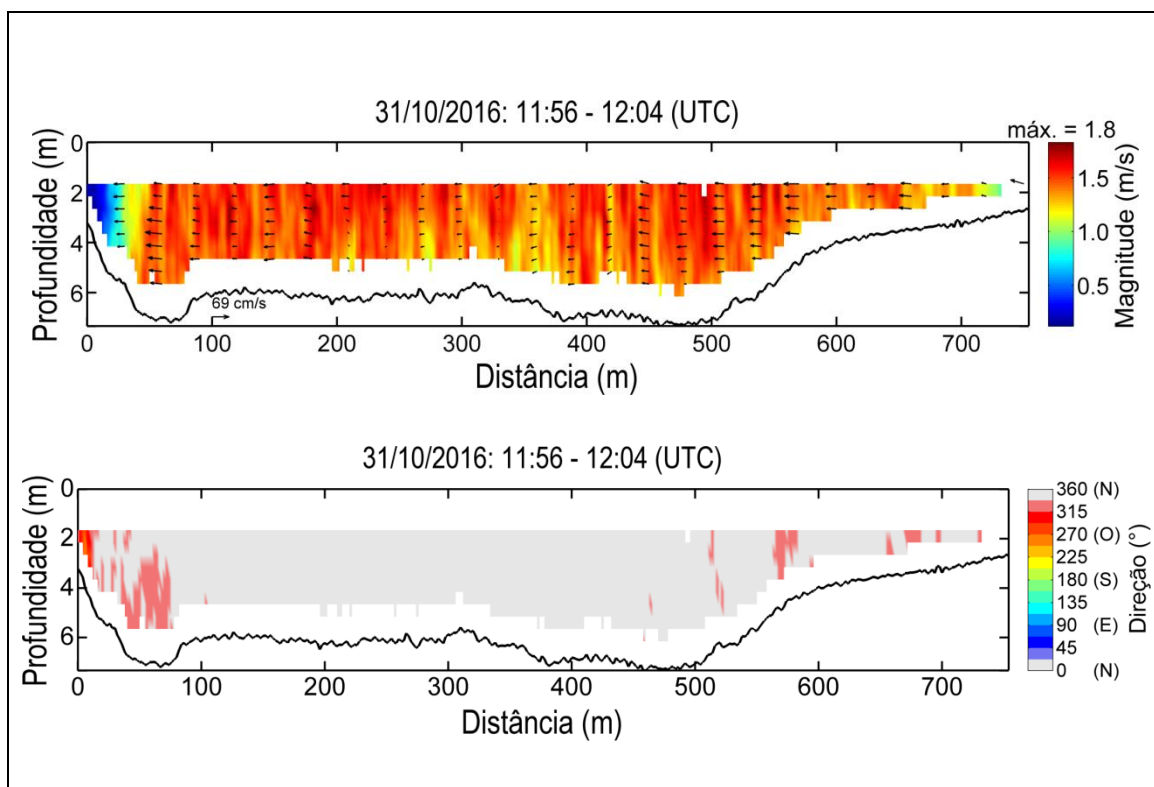


Figura 29: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE000. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha Irmã de Dentro. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 9 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a vazante na Radial Irmã de Dentro ao longo da radial de coleta PE000.

Tabela 9: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE000.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 2.4 | 0.1 |
| Direção | NO-N | NO-N |
| Distância da coleta | 182.0 | 6.0 |
| Data (UTC) | 10/31/2016 11:58 | 10/31/2016 11:56 |
| Profundidade (m) da medida | 2.2 | 2.7 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 6.1 | 4.0 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 7.3 | 7.3 |

4.5.2 Enchente

A radial PE016 foi realizada entre 20:29 e 20:36 (UTC) do dia 31/10/2016, com cerca de 700 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 7.8 m (Figura 30 e Tabela 10). A velocidade máxima

encontrada na radial foi de 2.8 m/s, o que é ligeiramente superior à máxima encontrada na vazante, com direção SE-S (enchente). A máxima velocidade foi registrada na região superficial da coluna d'água, a 1.7 m de 7.4 m de profundidade e a 38 m de distância da margem oeste (Ilha Irmã de Dentro) da radial, onde os mais elevados valores de velocidade (2-2.8 m/s) ocorrem ao longo de toda a coluna d'água. A mínima corrente registrada ocorreu na região próximo ao fundo da coluna d'água, a 2.2 m de 3.1 m de profundidade, com uma magnitude de 0.3 m/s no final da radial (688 m, Figura 30) e com direção NE-N (86°). As maiores velocidades ocorreram entre 20 e 200 m de distância e entre 380-600 m (Figura 30), com as maiores velocidades entre 1.5 e 2.8 m/s e direção entre 180-225° (SE-S, enchente).

A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção SE-S, o que é perpendicular à radial e representa correntes de enchente (Figura 30).

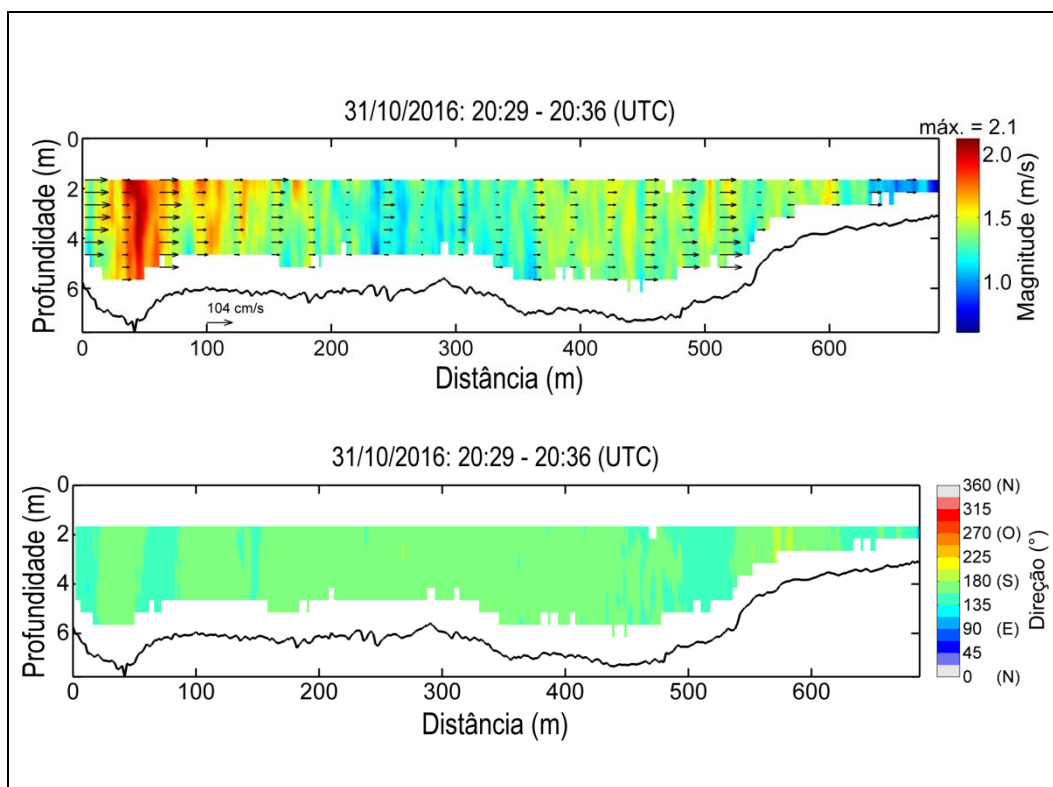


Figura 30: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE016. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha Irmã de Dentro. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 10 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a enchente na Radial Irmã de Dentro ao longo da radial de coleta PE016.

Tabela 10: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Irmã de Dentro: radial de coleta PE016.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 2.8 | 0.3 |
| Direção | SE-S(163.3) | NE-E(86.1) |
| Distância da coleta | 38.0 | 688.0 |
| Data (UTC) | 10/31/2016 20:30 | 10/31/2016 20:36 |
| Profundidade (m) da medida | 1.7 | 2.2 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 7.4 | 3.1 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 7.8 | 7.8 |

4.6 ANÁLISE INTEGRADA DA RADIAL ILHA DO MEDO E RADIAL IRMÃ DE DENTRO

Na Radial Ilha do Medo o padrão de velocidades registrado na vazante e enchente foram similares, com máximas velocidades coincidindo e iguais a 3.9 m/s, sendo a radial em que foram observadas as maiores velocidades na região de estudo, com as maiores velocidades entre 2.5 e 3.9 m/s, bem como as maiores profundidades, com um máximo de 26.3 m de coluna d'água ao longo da radial PE012.

Na Radial Irmã de Dentro também não ocorreram diferenças expressivas entre as magnitudes das velocidades de enchente e vazante, e em ambos os casos as maiores velocidades estiveram em torno de 1.5 e 2 m/s.

As maiores velocidades foram registradas na Radial Ilha do Medo, sendo ambas as radiais realizadas ao longo do mesmo momento de maré (Figura 31).

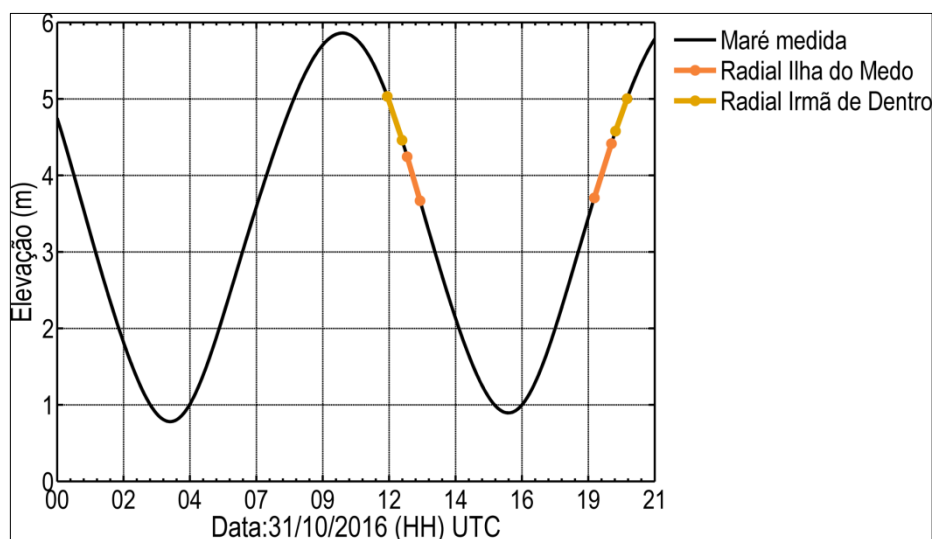


Figura 31: Período de levantamento da Radial Ilha do Medo e Radial Irmã de Dentro. Maré medida no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira.

4.7 RADIAL ITAQUI

Na Radial Itaqui (Figura 2) foi realizado um total de seis levantamentos da radial no dia 16 de outubro de 2016, duas durante a vazante e quatro durante a enchente, sendo essas radiais identificadas como:

- Vazante: 007 e **008**
- Enchente: **011**, 012, 013 e 014

onde, as radiais que apresentaram as maiores velocidades em cada período de maré encontra-se destacada em **negrito**.

A seguir serão apresentados os resultados de vazante e enchente dessas radiais identificadas como de maiores velocidades. Os resultados das demais radiais estão presentes no APÊNDICE B.

4.7.1 Vazante

A radial 008 foi realizada entre 13:55 e 13:59 (UTC) do dia 16/10/2016, com cerca de 400 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 22.4 m. A velocidade máxima encontrada na radial foi de 3.4 m/s com direção NO-N (vazante), registrada na região superficial da coluna d'água, a 3.1 m de 18 m de profundidade e a 58 m de distância da margem oeste (Ilha de Guarapirã) da radial (Figura 32, Tabela 11). A mínima corrente registrada ocorreu na região central da coluna d'água, a 6 m de 11 m de profundidade, com uma magnitude de 0.1 m/s, no início da radial (Figura 32, Tabela 11), e com direção E-SE (enchente). As maiores velocidades ocorreram ao longo de uma grande área no centro da radial entre 50 e 325 m de distância (Figura 32), com as maiores velocidades entre 2 e 3.4 m/s e direção entre 315-360° (NO-N, vazante).

A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção N0-N, o que é perpendicular à radial e representa correntes de vazante. As menores velocidades, registradas no início e fim da radial, apresentam direção entre 225°(SO)-315°(NO).

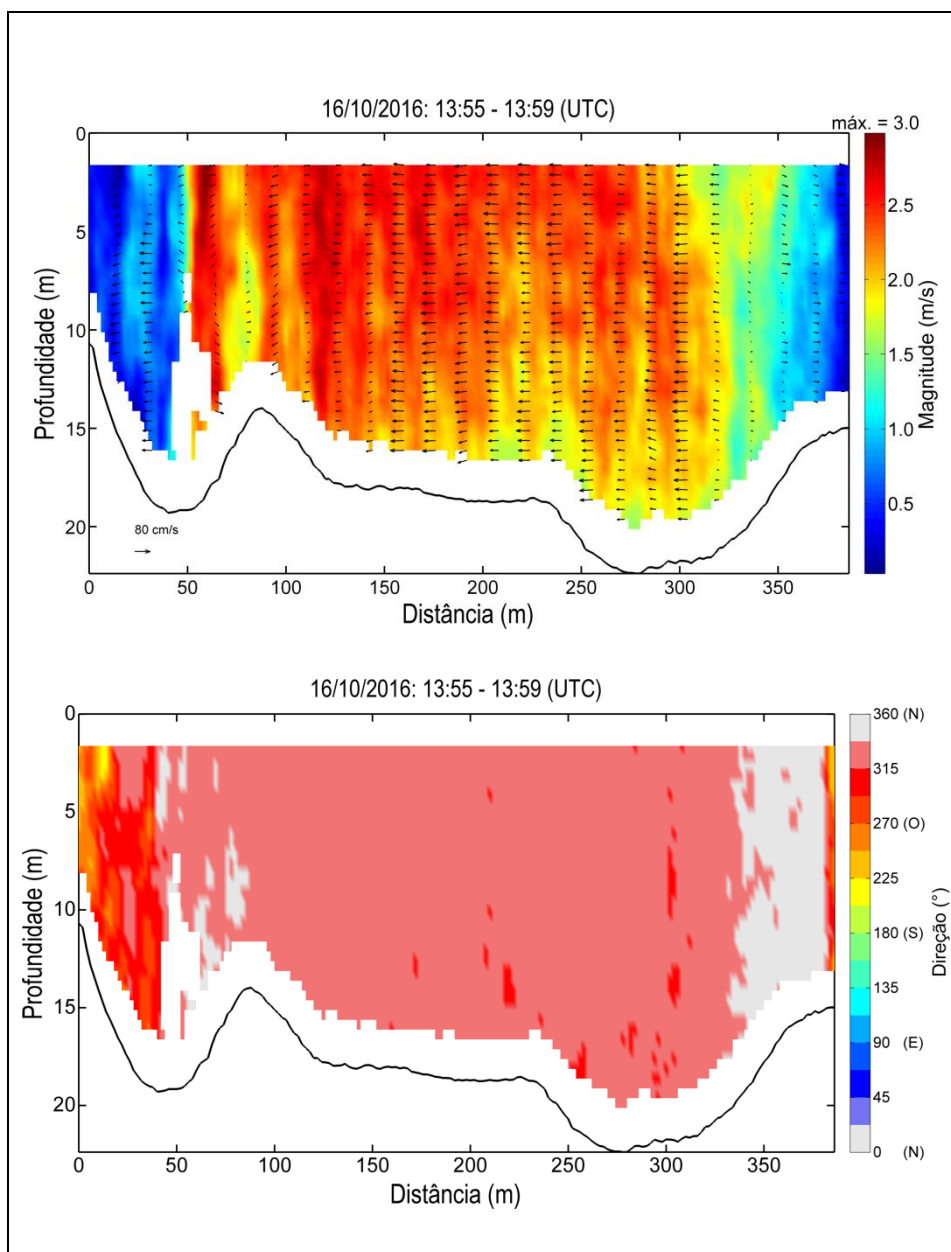


Figura 32: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 008. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha de Guarapirã. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 11 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a vazante na Radial Itaqui ao longo da radial de coleta 008.

Tabela 11: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 008.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 3.4 | 0.1 |
| Direção | NO-N (330.5) | E-SE (104.9) |
| Distância da coleta | 58.0 | 0.0 |
| Data (UTC) | 10/16/2016 13:56 | 10/16/2016 13:55 |
| Profundidade (m) da medida | 3.1 | 6.1 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 18.7 | 10.7 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 22.4 | 22.4 |

4.7.2 Enchente

A radial 011 foi realizada entre 18:41 e 18:45 (UTC) do dia 16/10/2016, com cerca de 350 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 22.3 m (Figura 33 e Tabela 12). A velocidade máxima encontrada na radial foi de 2.3 m/s, o que é cerca de 30% menor que a máxima encontrada na vazante, com direção E-SE (enchente). A máxima velocidade foi registrada na região próxima ao fundo da coluna d'água, a 16 m de 19 m de profundidade e a 210 m de distância da margem oeste (Ilha de Guarapirã) da radial, onde os mais elevados valores de velocidade (1.25-2.3 m/s) ocorrem ao longo de toda a coluna d'água. A mínima corrente registrada ocorreu na região central da coluna d'água, a 9 m de 19 m de profundidade, com uma magnitude de 0.0 m/s a uma distância de 122 m (Figura 33) e com direção O-NO (304.1).

As maiores velocidades ocorreram entre 170 e 300 m de distância (Figura 33), com as maiores velocidades entre 1.0 e 2.3 m/s e direção entre 180-225° (SE-E, enchente). A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção SE-S, o que é perpendicular à radial e representa correntes de enchente (Figura 33).

Assim, na Radial Itaqui foram registradas velocidades superiores na vazante em relação à enchente, o que é característico de locais com dominância de correntes de vazante. Apesar de não ter sido identificado esse padrão na Radial Ilha do Medo ou Radial Irmã de Dentro, nos levantamentos fixos PCI-5 e PCI-1, realizados nas proximidades da Radial Itaqui, o mesmo padrão de correntes foi identificado ao longo do ciclo enchente-vazante tanto na quadratura quanto na sizígia. As maiores velocidades durante a vazante foram relacionadas anteriormente com a posição relativamente abrigada da região dos pontos PCI-5 e PCI-1, proximidades do Porto de Itaqui, fato corroborado pelo padrão descrito para a Radial Itaqui.

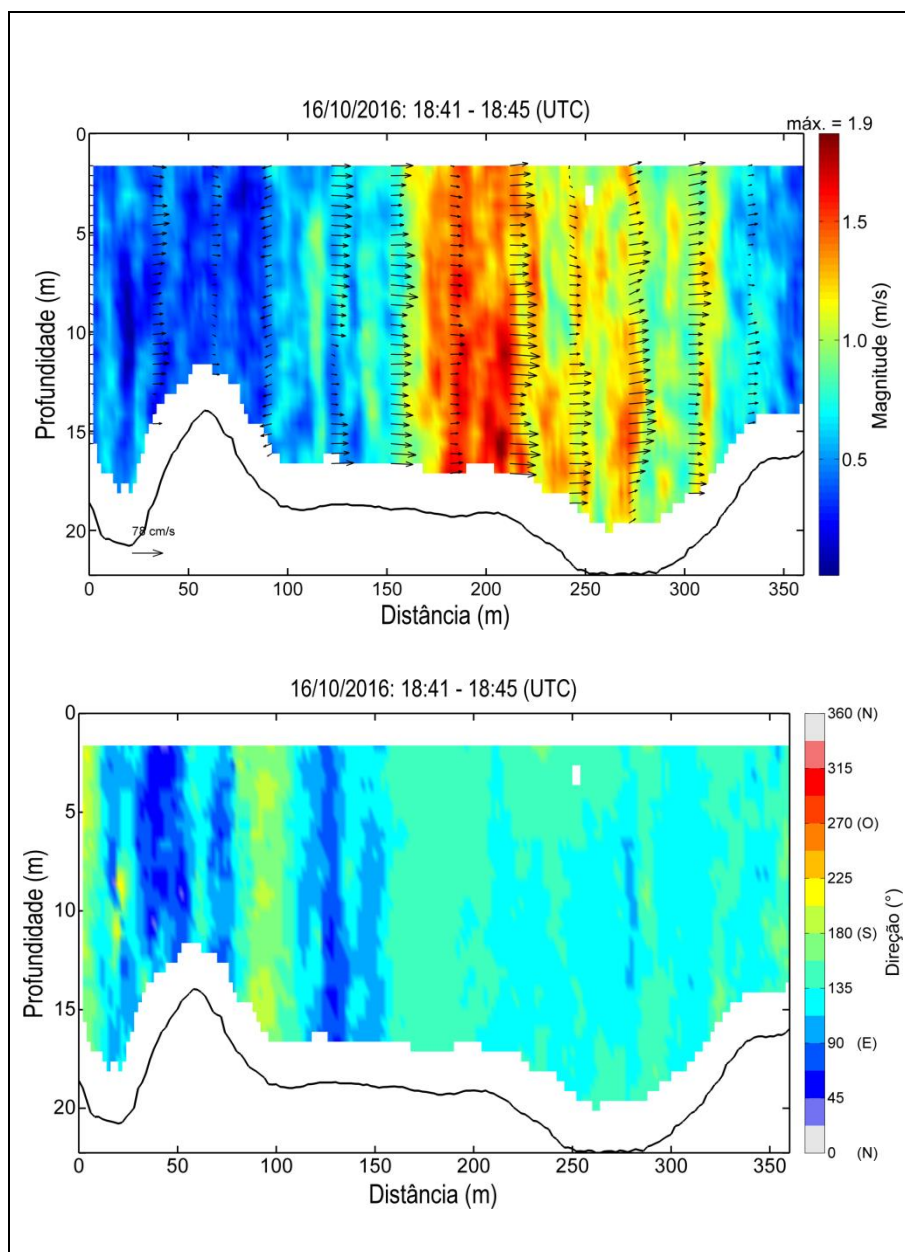


Figura 33: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 011. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à Ilha de Guarapirã. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 12 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a enchente na Radial Itaqui ao longo da radial de coleta 011.

Tabela 12: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Itaqui: radial de coleta 011.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 2.3 | 0.0 |
| Direção | E-SE (123.6) | O-NO(304.1) |
| Distância da coleta | 210.0 | 122.0 |
| Data (UTC) | 10/16/2016 18:43 | 10/16/2016 18:43 |
| Profundidade (m) da medida | 15.6 | 9.1 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 19.2 | 18.7 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 22.3 | 22.3 |

4.8 RADIAL RIO DOS CACHORROS

Na Radial Rio dos Cachorros (Figura 3) foi realizado um total de oito levantamentos da radial no dia 16 de outubro de 2016, quatro durante a vazante e quatro durante a enchente, sendo essas radiais identificadas como:

- Vazante: **001**, 002, 003 e 004
- Enchente: 015, 016, 017 e **018**

onde, as radiais que apresentaram as maiores velocidades em cada período de maré encontra-se destacada em negrito.

A seguir serão apresentados os resultados de vazante e enchente dessas radiais identificadas como de maiores velocidades. Os resultados das demais radiais estão presentes no APÊNDICE B.

4.8.1 Vazante

A radial 001 foi realizada entre 12:46 e 12:48 (UTC) do dia 16/10/2016, com cerca de 140 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 9.4 m. A velocidade máxima encontrada na radial foi de 2.9 m/s com direção SO-O (vazante), registrada na região central da coluna d'água, a 5 m de 9 m de profundidade e a 87 m de distância da margem sul da radial, que coincide com a margem sul do Rio dos Cachorros (Figura 34, Tabela 13).

A mínima velocidade registrada ocorreu na região central da coluna d'água, a 1.6 m de 3.4 m de profundidade, com magnitude de 0.3 m/s a 131m de distância (Figura 34, Tabela 13) e direção S-SO (219°). As maiores velocidades ocorreram ao longo da área central da radial entre 40 e 100 m de distância (Figura 34), com as maiores velocidades entre 1.8 e 2.9 m/s e direção entre 225-270° (SO-O, vazante).

A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção SO-O, o que é

perpendicular à radial e representa correntes de vazante.

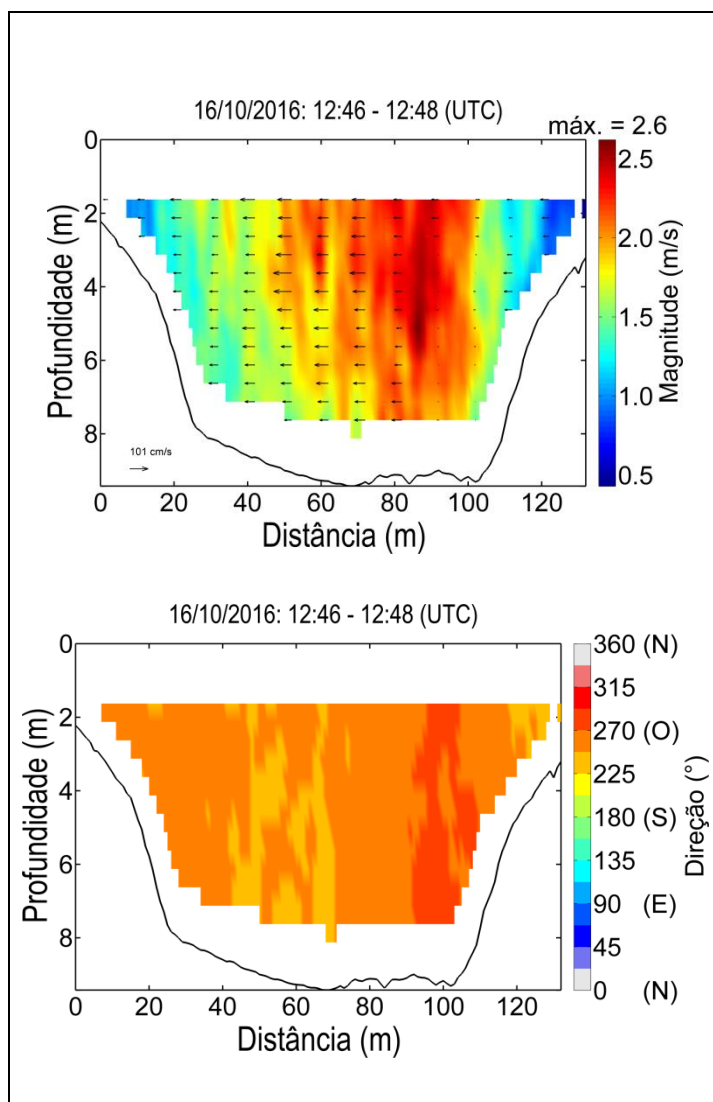


Figura 34: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 001. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem sul, próximo à margem sul do Rio dos Cachorros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 13 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a vazante na Radial Rio dos cachorros ao longo da radial de coleta 001.

Tabela 13: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 001.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|--|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 2.9 | 0.3 |
| Direção | SO-O (262.9) | S-SO (219.6) |
| Distância da coleta | 87.0 | 131.0 |
| Data (UTC) | 10/16/2016 12:47 | 10/16/2016 12:47 |
| Profundidade (m) da medida | 5.1 | 1.6 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 9.1 | 3.4 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 9.4 | 9.4 |

4.8.2 Enchente

A radial 018 foi realizada entre 19:54 e 19:56 (UTC) do dia 16/10/2016, com cerca de 150 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 9.9 m (Figura 35 e Figura 14). A velocidade máxima encontrada na radial foi de 2.2 m/s, o que é cerca de 24% menor que a máxima encontrada na vazante, com direção NE-E (enchente). A máxima velocidade foi registrada na região superficial da coluna d'água, a 3 m de 10 m de profundidade e a 52 m de distância da margem sul da radial, onde os mais elevados valores de velocidade (1.3-2.2 m/s) ocorrem ao longo de toda a coluna d'água. A mínima velocidade registrada ocorreu na região próxima do fundo da coluna d'água, a 3 m de 4 m de profundidade, com uma magnitude de 0.2 m/s, a uma distância de 122 m (Figura 35) e com direção NE-E (enchente).

As maiores velocidades ocorreram na região central da radial entre 40 e 100 m de distância (Figura 35), com as maiores velocidades entre 1.3 e 2.2 m/s e direção NE-E (enchente). A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção NE-E, o que é perpendicular à radial e representa correntes de enchente (Figura 35).

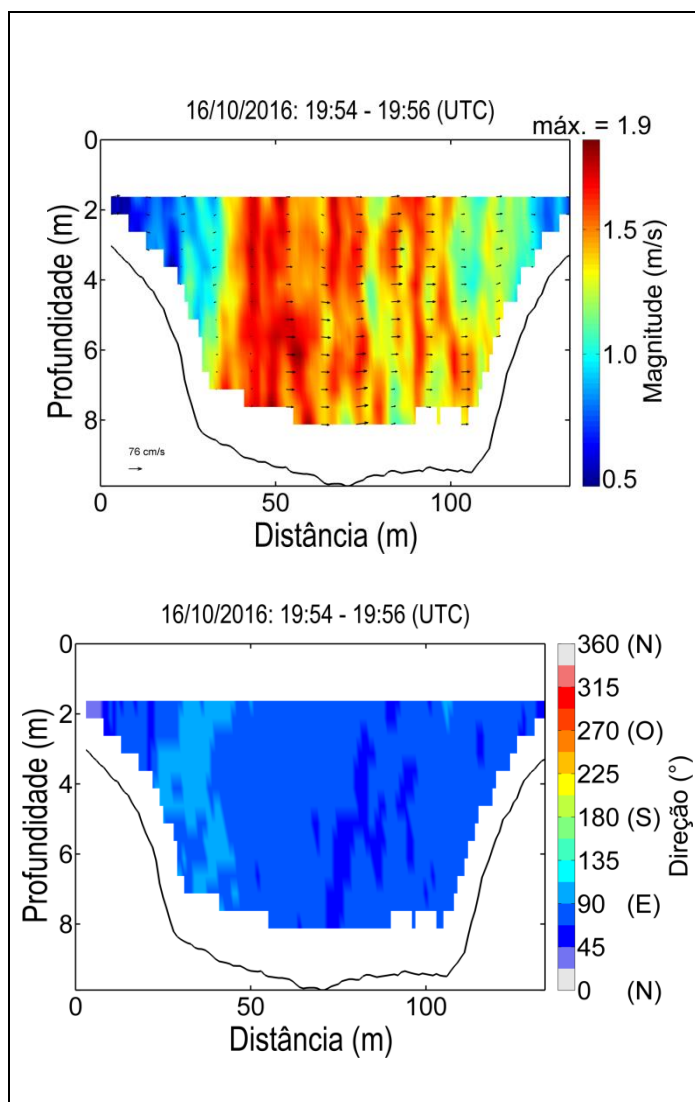


Figura 35: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 018. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem sul, próximo à margem sul do Rio dos Cachorros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 14 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a enchente na Radial Rio dos cachorros ao longo da radial de coleta 018.

Tabela 14: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Rio dos Cachorros: radial de coleta 018.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 2.2 | 0.2 |
| Direção | NE-E (65.6) | NE-E (82.3) |
| Distância da coleta | 52.0 | 11.0 |
| Data (UTC) | 10/16/2016 19:55 | 10/16/2016 19:54 |
| Profundidade (m) da medida | 3.1 | 2.6 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 9.4 | 3.9 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 9.9 | 9.9 |

Assim, na Radial Rio dos Cachorros foram registradas velocidades superiores na vazante (até 2.9 m/s) em relação à enchente (até 2.2 m/s, ~24% menor), o que é característico de locais com dominância de correntes de vazante. Esse padrão de correntes observadas ao longo do ciclo enchente-vazante foi também observado na Radial Itaqui e fixos PCI-1 e PCI-5.

4.9 RADIAL ALUMAR

Na Radial Alumar (Figura 3) foi realizado um total de seis levantamentos da radial no dia 16 de outubro de 2016, sendo duas durante a vazante e quatro durante a enchente. Sendo essas radiais identificadas como 005 e 006, referentes à vazante; 019, 020, 021 e 022, referentes à enchente, onde as radiais que apresentaram as maiores velocidades em cada período de maré encontra-se destacada em negrito.

A seguir serão apresentados os resultados de vazante e enchente dessas radiais identificadas como de maiores velocidades. Os resultados das demais radiais estão presentes no APÊNDICE B.

4.9.1 Vazante

A radial 005 foi realizada entre 13:04 e 13:06 (UTC) do dia 16/10/2016, com cerca de 200 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 14.4 m. A velocidade máxima encontrada na radial foi de 2.7 m/s com direção NO-N (vazante), registrada na região central da coluna d'água, a 5 m de 14 m de profundidade e a 111 m de distância da margem oeste da radial, que coincide com a margem oeste do Estreito dos Coqueiros (Figura 36, Tabela 15). Nesse local as maiores velocidades registradas ocorrem ao longo de toda a coluna d'água, com valores entre 1.5-2.7 m/s.

A mínima velocidade registrada ocorreu na região central da coluna d'água, a 5.6 m de 10 m de profundidade, com magnitude de 0.1 m/s a 17m de distância (Figura 36, Tabela 15) e direção O-NO (287°). As menores velocidades registradas na radial ocorrem nessa margem do canal, margem oeste do Estreito dos Coqueiros, entre 0 e 25 m de distância.

As maiores velocidades ocorreram ao longo da área central da radial entre 25 e 170 m de distância (Figura 36), com as maiores velocidades entre 1.5 e 2.7 m/s e direção entre 315-360° (NO-N, vazante). A maior parte das velocidades ao longo da coluna d'água da radial possuía direção NO-N, o que é perpendicular à radial e representa correntes de vazante.

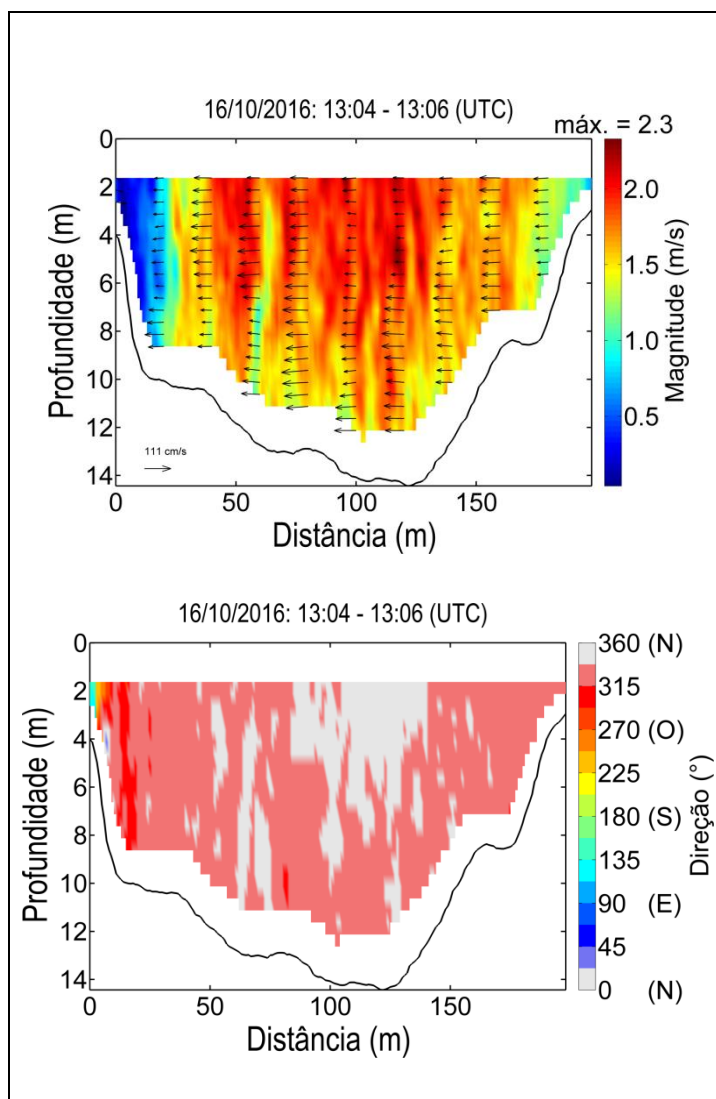


Figura 36: Magnitude e direção das correntes medidas durante o período de vazante ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 005. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à margem oeste do Estreito dos Coqueiros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 15 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a vazante na Radial Alumar ao longo da radial de coleta 005.

Tabela 15: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de vazante ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 005.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 2.7 | 0.1 |
| Direção | NO-N (339.6) | O-NO (286.8) |
| Distância da coleta | 111.0 | 17.0 |
| Data (UTC) | 10/16/2016 13:05 | 10/16/2016 13:04 |
| Profundidade (m) da medida | 5.1 | 5.6 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 14.1 | 10.0 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 14.4 | 14.4 |

4.9.2 Enchente

A radial 020 foi realizada entre 20:07 e 20:30 (UTC) do dia 16/10/2016, com cerca de 200 m de extensão, onde a maior altura de coluna d'água registrada foi 15.7 m (

Figura 37 e Tabela 16). A velocidade máxima encontrada na radial foi de 3.2 m/s com direção SE-S (enchente). A máxima velocidade foi registrada na região superficial da coluna d'água, a 1.6 m de 14 m de profundidade e a 92 m de distância da margem oeste da radial, onde os mais elevados valores de velocidade (1.5-2.3 m/s) ocorrem ao longo de toda a coluna d'água, sendo que, o valor máximo observado esteve bem acima das maiores velocidades medido ao longo da radial, não caracterizando as maiores velocidades da radial.

A velocidade mínima registrada ocorreu na região próxima do fundo da coluna d'água, a 3 m de 4 m de profundidade, com uma magnitude de 0.1 m/s e direção O-NO (305°), a uma distância de 204 m e próxima à margem leste do Estreito dos Coqueiros, onde ocorreram as menores velocidades da radial (Figura 37).

As maiores velocidades ocorreram na metade oeste da radial entre 25 e 110 m de distância (Figura 37), com as maiores velocidades entre 1.5 e 2.3 m/s e direção SE-S (enchente).

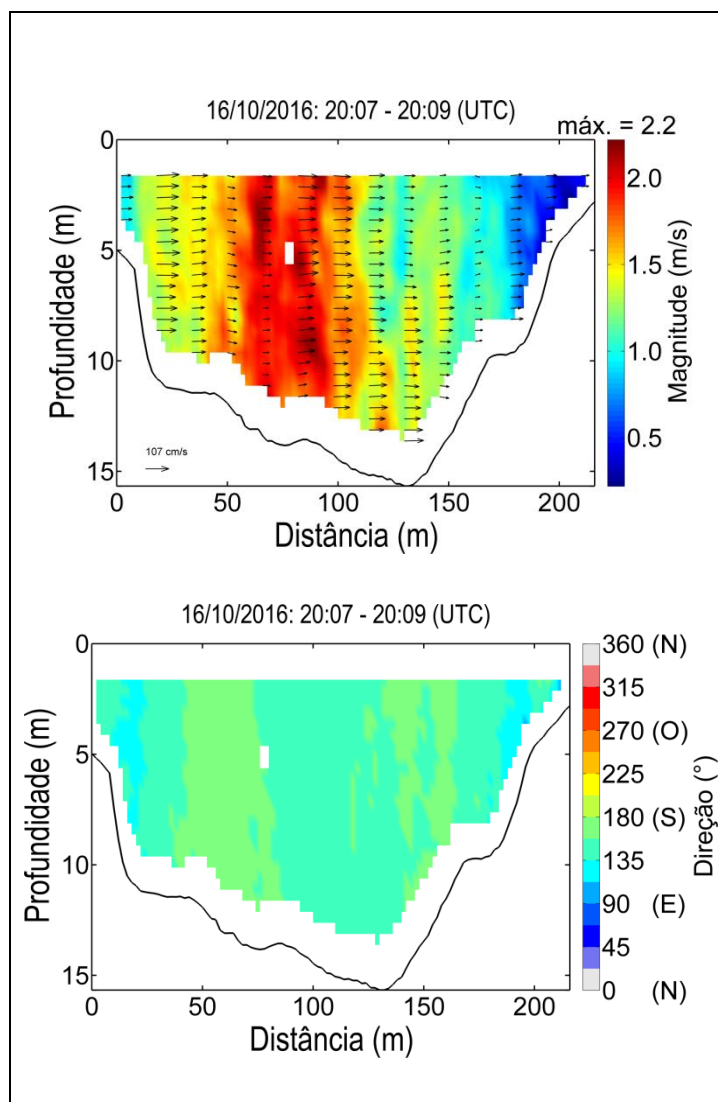


Figura 37: Magnitude e direção das correntes durante a enchente ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 020. A origem da radial (0 m) se encontra em sua margem oeste, próximo à margem oeste do Estreito dos Coqueiros. Os vetores representam a componente da velocidade transversal à radial.

A Tabela 16 resume as informações das velocidades máximas e mínimas encontradas durante a enchente na Radial Alumar ao longo da radial de coleta 020.

Tabela 16: Compilação das informações das velocidades máximas e mínimas medidas no período de enchente ao longo da Radial Alumar: radial de coleta 020.

| | Velocidade Máxima | Velocidade Mínima |
|---|-------------------|-------------------|
| Magnitude (m/s) | 3.2 | 0.1 |
| Direção | SE-S (139.5) | O-NO (304.8) |
| Distância da coleta | 92.0 | 204.0 |
| Data (UTC) | 10/16/2016 20:08 | 10/16/2016 20:09 |
| Profundidade (m) da medida | 1.6 | 3.1 |
| Profundidade da coluna de água (m) | 13.8 | 4.2 |
| Maior profundidade da coluna de água ao longo da radial (m) | 15.7 | 15.7 |

Assim, na Radial Alumar as maiores velocidades medidas na enchente (1.5-2.3 m/s) e na vazante (1.5-2.7 m/s) foram similares, entretanto, durante a vazante essas velocidades ocorreram ao longo de quase todo o canal (entre 25 e 170 m) enquanto durante a enchente ocorreram em apenas metade de sua extensão (entre 25 e 110 m, Figura 36 e Figura 37).

4.10 ANÁLISE INTEGRADA DAS RADIAIS: RADIAL RIO DOS CACHORROS E RADIAL ALUMAR

Na Radial Rio dos Cachorros as maiores velocidades medidas durante a vazante (entre 1.8 e 2.9 m/s) foram superiores às medidas durante a enchente (1.3 e 2.2 m/s), padrão que não ocorreu de forma tão pronunciada na Radial Alumar, onde essas magnitudes de corrente na vazante (1.5-2.7 m/s) e enchente (1.5-2.3 m/s) foram similares.

As radiais analisadas indicam que as correntes no Estreito dos Coqueiros, região da Radial Alumar, e no Rio dos Cachorros apresentam velocidades similares ao longo do ciclo enchente-vazante da maré, com as maiores velocidades ocorrendo durante a vazante no Rio dos Cachorros.

As medidas da Radial Rio dos Cachorros e Radial Alumar foram realizadas ao longo do mesmo período de maré (Figura 38).

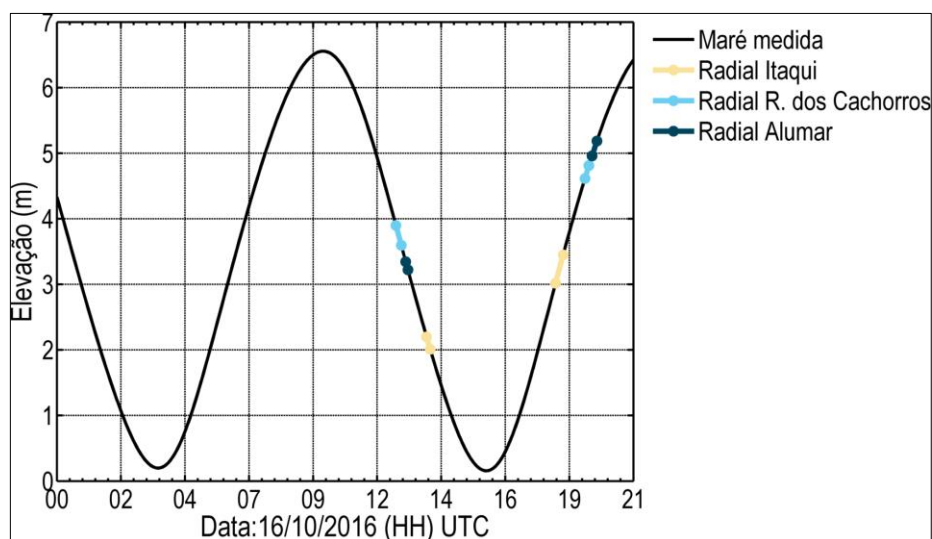


Figura 38: Período de levantamento da Radial Itaqui, Radial Rio dos Cachorros e Radial Alumar. Maré medida no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados correntométricos adquiridos permitiram a caracterização das correntes da Baía de São Marcos nos pontos PCI-5, PCI-2 e PCI-1 e nas Radiais Ilha do Medo, Irmã de Dentro, Itaqui, Rio dos Cachorros e Alumar.

6 REFERÊNCIAS

- GARCIA, P.D. 2007. Caracterização Hidrossedimentológica das Correntes de Maré e do Transporte de Sedimentos associado à Área Portuária do Maranhão. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MOCHÉL, F. R; et al . 2004. Caracterização Geoambiental para a avaliação da sensibilidade a derrames de óleo na Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. IBAMA 2004.
- MONTES, M. L., 1997. Zoneamento geoambiental do Estado do Maranhão: diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador, Ministério de Planejamento, Orçamento e Coordenação/IBGE. 44 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95885.pdf>>. Acesso em: 23 setembro 2016.
- MORAIS, J.O., 1977. O Processo de Sedimentação na Baía de São Marcos. Estado do MARANHÃO, BRASIL. Arquivo de Ciências do Mar, Fortaleza, 17 (2): 153-164.
- PORTOBRÁS, 1988. Parecer Técnico quanto aos Aspectos Hidráulico/Sedimentológicos Referentes às

Alternativas de Solução para Implantação do Pier Petroleiro do Porto Comercial do Itaqui. V.1: 51p.

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, 2005.

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

ANEXOS

ANEXO 01 – Autorização CHM

APÊNDICES

APÊNDICE A – Calibração e configuração dos equipamentos

APÊNDICE B – Arquivo Digital

ANEXO 01
Autorização CHM

APÊNDICE A

Calibração e configuração dos equipamentos

APÊNDICE B

Arquivo Digital
