

Tutoriais

Técnicas e Procedimentos para Medição
de Descarga Líquida com Perfilador
Acústico Doppler (ADCP)

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional

Waldez Góes
Ministro

**Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
Diretoria Colegiada**

Veronica Sánchez da Cruz Rios (Diretora-Presidente)
Ana Carolina Argolo
Marcelo Medeiros (Interino)
Marco Neves (Interino)
Nazareno Araújo (Interino)

Ministério de Minas e Energia

Alexandre Silveira de Oliveira
Ministro

**Serviço Geológico do Brasil
Diretoria Executiva**

Inácio Melo (Diretor-Presidente)
Alice Silva de Castilho
Francisco Valdir Silveira
Cassiano de Souza Alves
Sabrina Soares de Araújo Gois

**Agência Nacional de Águas e
Saneamento Básico**
Ministério da Integração e do
Desenvolvimento Regional

Serviço Geológico do Brasil
Ministério de Minas e Energia

REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL

**Tutoriais: Técnicas e Procedimentos para Medição de
Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler
(ADCP)**

**Brasília – DF
SGB/CPRM
ANA
2025**

© 2025, Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Setor Bancário Norte, Quadra 2, Blocos H.

CEP: 70040-904, Brasília/DF.

Telefone: (61) 2108-8400

Endereço eletrônico: www.sgb.gov.br

© 2025, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Edifício Sede, Bloco M.

CEP: 70610-200, Brasília/DF.

Telefone: (61) 2109-5400 / 5252

Endereço eletrônico: www.gov.br/ana/pt-br

COMISSÃO DE EDITORAÇÃO

Joaquim Guedes Correa Gondim Filho

(Coordenador)

Humberto Cardoso Gonçalves

Ana Paula Fioreze

Matheus Monteiro de Abreu

(Secretário-Executivo)

CRÉDITOS EDITORIAIS

Coordenação editorial

Andrea de Oliveira Germano

Arthur Moreira de Abreu

Diana Wahrendorff Engel

Wesley Gabrieli de Souza

EQUIPE TÉCNICA

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

(ANA)

Luciana Roberta Sarmento Silva

Fabício Vieira Alves

Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM)

Aldrei Marucci Veiga

Bernardo Luiz Ferreira de Oliveira

Caluan Rodrigues Capozzoli

Roberto Fernandes de Paiva

Vanesca Sartorelli Medeiros

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

Lista de Figuras

TUTORIAL I - PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERSURVEYOR M9	18
Figura 1 – Maleta do <i>RiverSurveyor M9</i>	20
Figura 2 – Itens do <i>RiverSurveyor M9</i>	21
Figura 3 – Transdutores do M9, adaptado do Manual do M9	25
Figura 4 – Localização dos Encaixes de Bronze, manual do M9	25
Figura 5 – PCM Rover	26
Figura 6 – Base RTK.....	26
Figura 7 – Passos a e b para instalação do <i>RiverSurveyor Live</i>	28
Figura 8 – Passos c, d e e para instalação do <i>RiverSurveyor Live</i>	28
Figura 9 – Tela de inicial do <i>RiverSurveyor Live</i>	29
Figura 10 – Ícones da tela inicial do <i>RiverSurveyor Live</i>	29
Figura 11 – Sequência para conexão do <i>RiverSurveyor Live</i> com o <i>RiverSurveyor M9</i>	30
Figura 12 – Aba <i>Smart Page</i> com as indicações de seus principais elementos	31
Figura 13 – Bloco de ícones do item a	31
Figura 14 – Ícones indicativos da condição do sinal <i>Bluetooth</i>	31
Figura 15 – Ícones indicativos da condição do <i>Bottom Track</i> para referência de trajeto e para determinação da velocidade da água	32
Figura 16 – Ícones indicativos da condição do GPS RTK para referência de trajeto	32
Figura 17 – Ícones indicativos da condição do GPS VTG para referência de trajeto	32
Figura 18 – Ícones indicativos da condição da referência de profundidade	33
Figura 19 – Ícone de conexão com o sistema	33
Figura 20 – Ícones indicando a carga da bateria.....	33
Figura 21 – Ícones indicando o status da coleta de dados	34
Figura 22 – Itens b e c	34
Figura 23 – Barra lateral com informações sobre a medição	35
Figura 24 – Blocos e, f e g	37
Figura 25 – <i>Smart Page Setup</i>	38
Figura 26 – Janela para Atualização do relógio	38
Figura 27 – Janela para Teste do Sistema.....	39
Figura 28 – Formas de visualização do resultado do teste do sistema.....	39
Figura 29 – Janela de calibração da bússola	41
Figura 30 – Janela de configurações do sistema.....	41
Figura 31 – Janela de configuração das margens.....	43
Figura 32 – Aba verticais.....	45
Figura 33 – Aba navegação	46
Figura 34 – Aba margens	47
Figura 35 – Série temporal de profundidades.....	47

Figura 36 – Série temporal de velocidade do barco e razão barco/água	48
Figura 37 – Série temporal de velocidades do <i>Bottom Track</i>	48
Figura 38 – Série temporal de HDOP e Qualidade do sinal GPS	48
Figura 39 – Abas da janela Ferramentas de processamento	49
Figura 40 – Possíveis arranjos para medição utilizando M9 em (a) montado na prancha Hydroboard II e em (b) montado em suporte adaptado para barco de alumínio	49
Figura 41 – Itens para montagem do receptor no notebook	50
Figura 42 – Notebook montado com conexão via rádio	51
Figura 43 – Itens para montagem da base GPS - <i>RTK</i>	51
Figura 44 – PCM Base <i>RTK</i> montada em (a) utilizando o tripé para apoio do suporte de fixação da base GPS (item S-11) no tripé e em (b) sem a utilização do tripé	53
Figura 46 – ADP M9 e PCM <i>Rover</i> acoplados à <i>Hydroboard II</i> , detalhe indicando o posicionamento dos <i>plugs</i> que recebem o cabo de comunicação M9 – PCM <i>Rover</i> (item S-05)	55
Figura 47 – PCM <i>Rover</i> montado indicando detalhes de conexão dos cabos	56
Figura 48 – Detalhes do PCM <i>Rover</i> montado em suporte customizado para adaptação na lateral de barcos (a) e arranjo conectado ao barco pronto para medição (b)	57
Figura 49 – Itens para montagem do transdutor sem utilizar a PCM <i>Rover</i>	58
Figura 50 – Transdutor conectado diretamente à fonte de energia montado	59
Figura 51 – Indicação do local para seleção da potência do rádio	60
Figura 53 – Interpretação do código de cores de conexão e comunicação do o <i>RiverSurveyor M9</i>	61
Figura 54 – Opções de conexão	62
Figura 55 – Tela de seleção do sistema	63
Figura 56 – Localização do diretório Sontek Data	64
Figura 57 – Sequência para conexão do <i>RiverSurveyor Live</i> com o <i>RiverSurveyor M9</i>	67
Figura 58 – Aba <i>Smart Page</i> com as indicações de seus principais elementos	67
Figura 59 – Esquema com trajeto real da embarcação e trajeto indicado pelo <i>Bottom Track</i> durante a execução do <i>Loop</i>	70
Figura 60 – Sequência de comandos para realização do teste de fundo móvel pelo Método <i>Loop</i>	72
Figura 61 – Esquema indicando o trajeto realizado pelo <i>Bottom Track</i> na condição de fundo móvel, enquanto a embarcação permanece estática no mesmo local	73
Fonte: SGB/CPRM e ANA (2023).	73
Figura 62 – Sequência de comandos para realização do teste de fundo móvel pelo Método Estacionário.	75
Figura 63 – Sequência de comandos para configuração e perfilamento da margem inicial.	77
Figura 64 – Sequência de comandos para finalizar o perfilamento da margem inicial e iniciar a travessia	78

Figura 65 – Sequência de comandos para finalizar a travessia	78
Figura 66 – Sequência de comandos para configuração e perfilamento da margem final	79
Figura 67 – Sequência de comandos para finalizar o perfilamento da margem final.....	79
Figura 68 – Sequência de comandos para finalizar a coleta de dados	80
Figura 69 – Sequência de comandos para download de dados do <i>RiverSurveyor</i> M9 para o computador	81
Figura 70 – Sequência de comandos para abrir os arquivos de travessias salvos no computador através do <i>RiverSurveyor Live</i>	81
Figura 71 – Sequência de comandos para abrir os arquivos de teste de fundo móvel salvos no computador através do <i>RiverSurveyor Live</i>	82
Figura 72 – Sequência de comandos para abrir os arquivos de teste de fundo móvel salvos no computador através do <i>RiverSurveyor Live</i>	82
Figura 73 – Sequência de comandos para alterar as configurações de medição e de extrapolação do perfil através dos <i>RiverSurveyor Live</i>	83
Figura 74 – Sequência para geração da vazão média no resumo de medição de descarga líquida	83
Figura 75 – Exemplo de armazenamento do <i>case</i> do ADP M9 e <i>Hydroboard</i> em carro utilizado pela Rede Hidrometeorológica Nacional.....	87
Figura 76 – Resposta do ADP M9 quando rotacionado em torno de seu eixo longitudinal, as setas indicam o sentido da rotação e o círculo vermelho indica a referência de posicionamento (cabo de comunicação)	89
Figura 77 – Resposta do ADP M9 quando inclinado em torno de seu eixo transversal simulando movimentos de <i>pitch</i> e <i>roll</i>	90
Figura 78 – ADP M9 montado para teste do termômetro interno.....	90
Figura 79 – Temperatura medida pelo ADP-M9 e com termômetro de mercúrio convencional em reservatório com água parada	91

TUTORIAL II - PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERRAY

Figura 1 – Maleta do <i>RiverRay</i>	97
Figura 2 – Itens do <i>RiverRay</i>	98
Figura 3 – Partes componentes do transdutor do ADCP <i>RiverRay</i>	102
Figura 4 – Detalhamento da cabeça do transdutor	102
Figura 5 – Descrição da tampa inferior do transdutor.....	103
Figura 6 – Descrição das partes componentes do flutuador trimarã	103
Figura 7 – Imagens da antena com receptor GNSS acoplada ao <i>RiverRay</i>	104
Figura 8 – Passos a e b para instalação do <i>WinRiver II</i>	105
Figura 9 – Passos c, d e e para instalação do <i>WinRiver II</i>	106
Figura 10 – Passos finais de instalação do programa.....	106
Figura 11 – Área de trabalho do <i>WinRiver II</i>	107
Figura 12 – Barra de ferramentas do <i>WinRiver II</i>	107
Figura 13 – Janela de controle da medição	108

Figura 14 – Janela do gráfico de intensidade dos feixes.....	108
Figura 15 – Janela do gráfico de deslocamento da embarcação	109
Figura 16 – Janela de deslocamento da embarcação com todas as referências de trajeto	109
Figura 17 – Tabela composta.....	110
Figura 18 – Janela de magnitude da velocidade da água.....	111
Figura 19 – Janela QA/QC	111
Figura 20 – Exemplos de arranjos de montagem do RiverRay (a) o RiverRay montado no Trimarã e (b) RiverRay montado em um suporte de alumínio	113
Figura 21 – Itens para montagem do <i>RiverRay</i> no Trimarã	114
Figura 22 – Montagem do transdutor na placa de acrílico	114
Figura 23 – Acoplagem do transdutor no trimarã	115
Figura 24 – Montagem da antena GNSS e do cabo de segurança	115
Figura 25 – Conexão do cabo de comunicação.....	116
Figura 26 – Instalação da bateria.....	116
Figura 27 – Suporte adaptado instalado na lateral da embarcação	117
Figura 28 – Itens para montagem do <i>RiverRay</i> no suporte adaptado	118
Figura 29 – Esquema de fixação do <i>RiverRay</i> na haste	118
Figura 30 – Suporte instalado na lateral da embarcação	119
Figura 31 – Instalação da antena GNSS	119
Figura 32 – Posicionamento das chaves no Parani SD1000U para configuração da velocidade de comunicação em 115200	120
Figura 33 – Tela de configuração do ParaniWin	121
Figura 34 – Janela de seleção do modo de operação no ParaniWin	121
Figura 35 – Janela de conexão do dispositivo com o <i>RiverRay</i>	122
Figura 36 – Esquema de conexão dos cabos de comunicação.....	122
Figura 37 – Detalhes da trava aliviadora de pressão, dos conectores e dos locais para aplicação do lubrificante.....	123
Figura 38 – Função periféricos da barra de ferramentas.....	125
Figura 39 – Janela de configuração dos periféricos	125
Figura 40 – Janela de teste da porta de diálogo com a mensagem de confirmação da comunicação	126
Figura 41 – Janela de configuração de periféricos (Adicionar periféricos)	126
Figura 42 – Janela de configuração da comunicação serial	127
Figura 43 – Janela de teste de porta com a mensagem de confirmação da comunicação com o GNSS	127
Figura 44 – Área de trabalho do <i>WinRiver II</i> (Iniciando uma nova medição).....	129
Figura 45 – Janela de configuração da medição (informação do local)	129
Figura 46 – Caixa de configuração da medição (Classificação da Informação)	131
Figura 47 – Caixa de configuração da medição (Janela de configuração)	131
Figura 48 – Caixa de configuração da medição (reconhecimento ADCP e GNSS)	132

Figura 49 – Caixa de configuração da medição (nomenclatura do arquivo de medição)	134
Figura 50 – Caixa de configuração da medição (configuração adotada pelo equipamento)	135
Figura 51 – Resumo das configurações adotadas para medição	135
Figura 52 – Ajuste de data e hora conforme os dados do computador	136
Figura 53 – Caixa de teste diagnóstico PC20	136
Figura 54 – Caixa de teste diagnóstico PC40	137
Figura 55 – Janela de calibração da bússola	138
Figura 56 – Esquema com trajeto real da embarcação e trajeto indicado pelo <i>Bottom Track</i> durante a execução do <i>Loop</i>	139
Figura 57 – Janela de seleção do teste de fundo móvel	140
Figura 58 – Resultado do teste de fundo móvel com o método <i>Loop</i>	141
Figura 59 – Esquema indicando o trajeto realizado pelo <i>Bottom Track</i> na condição de fundo móvel, enquanto a embarcação permanece no mesmo local.	142
Figura 60 – Resultado do teste de fundo móvel com o método Estacionário	144
Figura 61 – Tabela de Calibração da Bússola	145
Figura 62 – Seleção da função “Iniciar <i>pinging</i> ”	146
Figura 63 – Tabela Composta (Número de células)	147
Figura 64 – Janela para iniciar travessia	147
Figura 65 – Tabela de Navegação	148
Figura 66 – Gráfico de variação das velocidades da embarcação e da água	148
Figura 67 – Abrir medição no <i>WinRiver II</i>	149
Figura 68 – Reprocessamento das informações das travessias	150
Figura 69 – Janela de identificação da medição	150
Figura 70 – Janela de classificação da informação (Cota e temperatura)	151
Figura 71 – Janela de configuração de campo	151
Figura 72 – Janela de configuração de campo (Vazão)	152
Figura 73 – Janela de configuração (Aplicar configurações)	152
Figura 74 – Janela de configuração de campo (estimativa de margens)	153
Figura 75 – Janela de configuração de campo (<i>offset</i>)	153
Figura 76 – Janela de configuração de campo (Referência de profundidade)	154
Figura 77 – Seleção da janela “Sumário de Vazão”	154
Figura 78 – Seleção da ferramenta de teste do ADCP	163
Figura 79 – Janela de Diálogo do Teste do ADCP	164
Figura 80 – Teste do sensor de temperatura	165
Figura 81 – Tela do <i>WinRiver II</i> com gráfico de variação de temperatura medida pelo sensor	165
Figura 82 – Pasta com os arquivos para atualização do <i>firmware</i>	167
Figura 83 – Novos arquivos criados na pasta após execução	167
Figura 84 – Procedimento para indicar a porta USB	167

Figura 85 – Procedimento para ajustar a porta de comunicação no <i>firmware</i> do <i>RiverRay</i>	168
Figura 86 – Tela de acompanhamento do progresso da atualização do <i>RiverRay</i>	168
Figura 87 – Tela de acompanhamento do progresso da atualização do <i>RiverRay</i>	169
Figura 88 – Janela de teste diagnóstico do ADCP com a versão do <i>firmware</i>	169

TUTORIAL III - SOFTWARE QREV - MANUAL TÉCNICO171

Figura 1 – Tela inicial do QRev que apresenta o resumo da medição de descarga líquida	172
Figura 2 – SNR de amostra vertical em que o feixe do transdutor 1 aparece deslocado em relação aos demais feixes	188
Figura 3 – Comparação entre o fator de forma para margem retangular utilizados pela Sontek e pela TRDI	198

Lista de Tabelas

TUTORIAL I - PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERSURVEYOR M9 18

Tabela 1 – Especificações gerais do <i>RiverSurveyor M9</i>	19
Tabela 2 – Componentes do <i>RiverSurveyor M9</i>	22
Tabela 3 – Itens que devem ser ativados durante a medição na aba lateral do <i>RiverSurveyor Live</i>	36
Tabela 4 – Descrição dos itens de montagem do receptor no notebook	50
Tabela 5 – Descrição dos itens de montagem da base GPS - <i>RTK</i>	52
Tabela 6 – Descrição dos itens de montagem do transdutor acoplado à <i>Hydroboard II</i>	54
Tabela 7 – Descrição dos itens de montagem do transdutor acoplado em suporte adaptado.....	57
Tabela 8 – Descrição dos itens de montagem do transdutor sem <i>PCM Rover</i>	58
Tabela 9 – Orientações gerais para o preenchimento da <i>Smart Page</i>	68
Tabela 10 – Especificação do teste de <i>Loop</i>	71
Tabela 11 – Especificação do teste estacionário.....	74
Tabela 12 – Principais requisitos para obtenção de uma medição de vazão válida	76

TUTORIAL II - PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERRAY 95

Tabela 1 – Especificações gerais do <i>RiverRay</i>	96
Tabela 2 – Componentes do <i>RiverRay</i>	99
Tabela 3 – Acessórios componentes do ADCP <i>RiverRay</i>	104
Tabela 4 – Descrição dos dados e limites da janela <i>QA/QC</i>	112
Tabela 5 – Descrição dos itens para montagem do transdutor no Trimarã	113
Tabela 6 – Descrição dos itens para montagem do transdutor no suporte.....	117
Tabela 7 – Orientações para preenchimento da janela de configuração.....	133
Tabela 8 – Especificação do teste de <i>Loop</i>	140
Tabela 9 – Especificação do teste estacionário	143
Tabela 10 – Principais requisitos para realização da medição	145
Tabela 11 – Itens para inspeção periódica	157
Tabela 12 – Diagnóstico de LEDs	161
Tabela 13 – Possíveis soluções para indicações dos LEDs.....	162

TUTORIAL III - SOFTWARE QREV - MANUAL TÉCNICO 171

Tabela 1 – Filtros e tratamento de dados inválidos em cada programa de pós-processamento	172
Tabela 2 – Esquema de seleção de trajeto composto no <i>RiverSurveyor</i> e no <i>QRev</i>	182
Tabela 3 – Critério de escolha da fonte secundária de acordo com a fonte primária de profundidade implementado no <i>QRev</i>	185

Tabela 4 – Estimativas de velocidades próximas da parede vertical obtidas em laboratório (Ranz et. al., 1982)	198
Tabela 5 – Critérios de qualidade de travessias	199
Tabela 6 – Critérios de qualidade do teste de sistema	200
Tabela 7 – Critérios de controle de qualidade da bússola e <i>pitch/roll</i>	201
Tabela 8 – Critérios de controle de qualidade da temperatura da água	203
Tabela 9 – Critérios de controle de qualidade do teste de fundo móvel.....	204
Tabela 10 – Mensagens de verificação da existência de fundo móvel.....	205
Tabela 11 – Critérios de controle de qualidade do teste de fundo móvel estacionário	205
Tabela 12 – Critérios de determinação de fundo móvel com teste estacionário	206
Tabela 13 – Critérios de controle de qualidade do teste de fundo móvel	206
Tabela 14 – Resumo das mensagens de controle de qualidade para velocidade do barco	208
Tabela 15 – Resumo das mensagens de controle de qualidade para profundidade	209
Tabela 16 – Resumo das mensagens de controle de qualidade para velocidade da água	210
Tabela 17 – Critérios de controle de qualidade da extrapolação.....	211
Tabela 18 – Critérios de controle de qualidade da estimativa de descarga líquida na margem	211

Sumário

Apresentação	17
TUTORIAL I - PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERSURVEYOR M9	18
1 Introdução	18
1.1 Proposta e escopo	19
2 Especificação e composição do equipamento	19
2.1 RiverSurveyor M9	20
3 Programa de medição	27
3.1 Instalação do programa	28
3.2 Tela inicial do programa	29
3.3 Área de trabalho do RiverSurveyor Live	30
3.3.1 Aba Smart Page	30
3.3.2 Aba Sistema	44
3.3.3 Aba Verticais	44
3.3.4 Aba Navegação	45
3.3.5 Aba Margens	46
3.3.6 Aba Série Temporal	47
3.3.7 Ferramentas de processamento	48
4 Montagem do equipamento	49
4.1 Montagem do notebook com antena de rádio	50
4.2 Montagem da Base RTK	51
4.3 Montagem do ADP M9 com PCM Rover	53
4.3.1 ADP M9 acoplado ao Hydroboard	53
4.3.2 ADP M9 e PCM Rover acoplados em suporte adaptado	56
4.4 Montagem do ADP M9 sem PCM Rover	57
5 Comunicação e conexões e armazenamento de dados	59
5.1 Descrição dos LEDs	60
5.2 Comunicação ADP-M9 com computador utilizando a PCM Rover	62
5.3 Comunicação ADP-M9 com computador sem utilizar PCM Rover	63
5.4 Comunicação do ADP-M9 com GPS	63
5.5 Armazenamento de dados	63
6 Medição de descarga líquida	65
6.1 Pré-medição	66
6.1.1 Seleção do local	66
6.1.2 Iniciar a comunicação	66
6.1.3 Identificação e configuração da medição	67
6.1.4 Teste de fundo móvel	70
6.2 Medição	76
6.3 Pós-processamento da medição	80
7 Manutenção, testagem e atualização	84
7.1 Manutenção do RiverSurveyor M9	84

7.1.1 Cuidados no manuseio, montagem e utilização	85
7.1.2 Procedimentos para limpeza e manutenção periódica	85
7.1.3 Cuidados no transporte e armazenamento	86
7.2 Teste do equipamento.....	87
7.2.1 Verificação da comunicação entre o ADP e demais componentes	88
7.2.2 Teste de sistema.....	88
7.2.3 Teste de funcionamento da bússola	89
7.2.5 Questionário de avaliação de funcionamento em campo	91
7.3 Atualização de firmware	91
8 Referências	94

TUTORIAL II - PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERRAY	95
1 Introdução	95
1.1 Proposta e escopo.....	96
2 Especificação e composição do equipamento.....	96
2.1 RiverRay.....	97
3 Programa de medição WinRiver II.....	105
3.1 Instalação do programa	105
3.2 Área de trabalho do WinRiver II.....	107
4 Montagem do equipamento.....	113
4.1 Montagem do RiverRay no Trimarã	113
4.2. Montagem do suporte adaptado para a embarcação.....	116
5 Comunicação e conexões	119
5.1 Conexão via Bluetooth	120
5.2 Conexão via cabo de comunicação	122
5.2.1. Conexão do cabo de comunicação do RiverRay	123
5.2.2 Conexão do GNSS	124
5.3 Comunicação do RiverRay com o notebook.....	124
5.4 Comunicação do RiverRay com o dispositivo GNSS	126
6 Medição da descarga líquida	127
6.1 Pré-medição	128
6.1.1 Seleção do local	128
6.1.2 Identificação e configuração da medição.....	128
6.1.3 Ajuste de data e hora	135
6.1.4 Diagnóstico do equipamento	136
6.1.5 Calibração da bússola.....	137
6.1.6 Teste de fundo móvel.....	138
6.2 Medição.....	145
6.3 Pós-processamento da medição	149
7 Manutenção, testagem e atualização.....	155
7.1 Manutenção do RiverRay.....	155
7.1.1 Cuidados no manuseio, montagem e utilização.....	156
7.1.2. Procedimentos para limpeza e manutenção periódica	157
7.1.3. Cuidados no transporte e armazenamento	159
7.2 Diagnostico e testagem do RiverRay.....	160
7.3 Teste do equipamento	162
7.3.1 Verificação da comunicação entre o RiverRay e demais componentes.....	163
7.3.2 Teste de sistema.....	163
7.3.3 Teste do termômetro do ADCP	164
7.3.4 Questionário de avaliação de funcionamento em campo	165
7.4 Atualização do firmware	166
8 Referências	170

TUTORIAL III - SOFTWARE QREV - MANUAL TÉCNICO 171

Apresentação	171
1 Algoritmos de processamento de dados.....	171
2 Calculando a descarga para dados inválidos	174
3 Transformação de coordenadas.....	175
4 Velocidade do Barco	176
4.1 Filtros do Bottom Track.....	177
4.1.1 Soluções de três feixes	177
4.1.2 Filtro do erro de velocidade	177
4.1.3 Filtro de velocidade vertical.....	178
4.1.4 Outros métodos de identificação de outliers	178
4.2 Cálculo da velocidade do barco com GGA.....	178
4.3 Filtros da sentença GGA.....	179
4.3.1 Qualidade da correção diferencial.....	179
4.3.2 Filtro de altitude.....	180
4.3.3 Diluição da precisão horizontal (HDOP)	180
4.3.4 Outros métodos de identificação de outliers	180
4.4 Filtros da sentença VTG	181
4.4.1 Diluição da precisão horizontal (HDOP).....	181
4.4.2 Outros métodos de identificação de outliers	181
4.5 Interpolação.....	181
4.6 Trajetos compostos.....	181
5 Profundidades.....	183
5.1 Filtros	184
5.2 Interpolação	184
5.3 Profundidades compostas	184
6 Velocidade da água	185
6.1 Side-lobe.....	185
6.2 Filtros	186
6.2.1 Soluções de três feixes.....	187
6.2.2 Filtro do erro de velocidade	187
6.2.3 Filtro de velocidade vertical.....	187
6.2.4 Filtro de perturbações no escoamento	187
6.2.5 Filtro da relação sinal-ruído	188
6.3 Interpolação.....	188
7 Métodos de Extrapolação.....	190
8 Cálculo da descarga líquida.....	193
8.1 Cálculo da descarga líquida medida	193
8.2 Cálculo da descarga líquida no topo.....	194
8.2.1 Constante	194
8.2.2 Potência.....	194
8.2.3 Três pontos.....	195
8.3 Cálculo da descarga líquida no fundo.....	195

8.4 Cálculo da descarga líquida nas margens.....	196
9 Métricas de controle de qualidade.....	198
9.1 Travessias	199
9.2 Teste de sistema	200
9.3 Bússola e <i>pitch/roll</i>	200
9.4 Validação da temperatura da água	202
9.5 Testes de fundo móvel	203
9.6 Entradas do usuário	207
9.7 Variáveis da medição de descarga líquida.....	208
9.8 Extrapolações (de topo e fundo)	211
9.9 Margens.....	211
10 Cálculo da incerteza.....	213
10.1 Incerteza aleatória.....	214
10.2 Incerteza de dados inválidos	214
10.3 Incerteza da descarga líquida nas margens	214
10.4 Incerteza da extrapolação	214
10.5 Incerteza do fundo móvel	214
10.6 Incerteza sistemática (Erro sistemático).....	214
10.8 Incerteza adotada pelo usuário.....	215
11 Formato dos arquivos	215
12 Conclusões e recomendações.....	216
13 Referências.....	217

Apresentação

Os processos hidrológicos moldam nosso ambiente natural e exercem uma influência crucial sobre os modos de vida e as atividades produtivas das sociedades. Eventos extremos, como secas e inundações, exacerbados pelas mudanças climáticas, têm impactado significativamente as atividades econômicas e o desenvolvimento das nações. Propor ações para minimizar esses impactos, como sistemas de alerta, planos de contingência e projetos de infraestrutura hídrica, requer uma compreensão aprofundada desses processos hidrológicos, que só pode ser alcançada por meio dos dados fornecidos pelas redes de monitoramento.

A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) é a principal fonte de informações hidrológicas no Brasil, monitorando a capacidade, potencial, disponibilidade e qualidade da água nas bacias hidrográficas, além do regime de chuvas em todo o território nacional. A RHN não apenas auxilia os órgãos gestores, mas também todos os envolvidos no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), bem como a sociedade em geral, fornecendo dados e informações hidrológicas para uma variedade de finalidades, incluindo gestão de recursos hídricos, mitigação de efeitos de eventos hidrológicos extremos, navegação, geração de energia e dimensionamento de estruturas, entre outras.

Esta rede de monitoramento é o maior serviço de monitoramento de águas da América Latina e uma das maiores do mundo, devido principalmente às dimensões continentais do país, à diversidade climática e de biomas, e à distribuição populacional.

No campo da hidrologia, compreender as vazões dos rios é essencial para uma gestão sustentável dos recursos hídricos, pois revela a complexa interação entre as águas superficiais e o meio ambiente. A crescente demanda por informações sobre vazões, devido à intensificação de eventos extremos, torna o uso de novas tecnologias e metodologias padronizadas nas medições indispensável para melhorar a geração e a confiabilidade dos dados de vazão.

Esta publicação apresenta as metodologias empregadas para capturar a essência da dinâmica fluvial, abrangendo desde a coleta e precisão dos dados até sua interpretação, buscando aprimorar a compreensão da complexa rede que conecta os rios ao ciclo hidrológico mais amplo. Mais do que uma simples coleção de esforços científicos, este manual representa um compromisso com a gestão responsável da água. Ao medir e monitorar, contribuimos não apenas para o avanço da ciência hidrológica, mas também para a preservação e o uso sustentável dos recursos hídricos.

Diretorias da ANA e do SGB

TUTORIAL I – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVER-SURVEYOR M9

1 Introdução

O medidor de vazão modelo *RiverSurveyor M9* produzido pela *Sontek YSI INC* é capaz de realizar medições de descarga líquida em rios e canais abertos. Este equipamento opera em múltiplas frequências acústicas utilizando a tecnologia *SmartPulseHD* que seleciona de maneira dinâmica e automática o esquema de pulso com objetivo de otimizar a performance do equipamento. Possui ainda um feixe vertical que mede a profundidade ao longo da seção do canal.

As descrições e métodos apresentados neste tutorial são baseados no documento principal “Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)” e no manual do fabricante *RiverSurveyor S5/M9 System Manual Firmware Version 4.02* (Sontek, 2017). O presente documento não substitui e não suprime as técnicas e métodos apresentados no documento principal. Sendo assim, recomenda-se que a leitura do presente documento seja precedida pela leitura do Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP).

O presente documento está organizado em sete seções, sendo a primeira delas esta introdução. A segunda seção apresenta a descrição e a função dos itens que compõem o *RiverSurveyor M9*, e que são necessários para sua montagem e utilização.

A utilização do *RiverSurveyor M9* e a obtenção de resultados da medição é possibilitada pelo *RiverSurveyor Live*, programa desenvolvido para coleta e processamento de dados, que será apresentado no capítulo 3. Neste documento foi abordada apenas a versão para computador, uma vez que as diferenças para versão para Tablet são pequenas e o uso da versão para smartphones foi descontinuada pela Sontek YSI.

A montagem do equipamento é um aspecto importante de sua utilização, tendo em vista que as distintas características dos nossos rios requerem arranjos específicos para a realização das medições. O capítulo 4 é dedicado à descrição dos principais arranjos utilizados.

No capítulo 5 são descritos os procedimentos para realização da comunicação com o equipamento, assim como a forma de fazer as conexões dos seus periféricos, e formatos de arquivos gerados durante a operação do equipamento.

O passo-a-passo para realização da medição da vazão com o *RiverSurveyor M9*, e os critérios e técnicas específicas do equipamento, incluindo os procedimentos pré e pós medição, são detalhados no capítulo 6.

O capítulo 7 é dedicado à manutenção e testagem do *RiverSurveyor M9*, bem como à atualização do seu firmware. Nesse sentido são indicados os cuidados requeridos no manuseio, montagem e utilização, tais como itens de manutenção periódica, procedimentos de limpeza e cuidados no transporte e armazenamento, com indicação de melhores práticas a serem adotadas pelos profissionais de campo.

Também é importante destacar que o *firmware* do *RiverSurveyor M9*, bem como o programa de interface de medição *RiverSurveyor Live* são atualizados com alguma frequência pela Sontek YSI. Deste modo, pode haver diferenças entre versões utilizadas. Este documento será atualizado sempre que as alterações de *firmware* ou de *software* comprometam diretamente na qualidade da medição de descarga líquida ou no valor final da vazão medida.

1.1 Proposta e escopo

Este documento descreve as técnicas e métodos de medição de descarga líquida que devem ser observadas na utilização do medidor acústico doppler *RiverSurveyor M9* na operação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

2 Especificação e composição do equipamento

O *RiverSurveyor M9* é um equipamento acústico de medição de descarga líquida projetado para medir os fluxos de velocidade da água em uma embarcação em movimento. É um equipamento robusto e prático, porém limitado, principalmente em relação à profundidade medida com rastreamento de fundo (*Bottom Track*) e a perfilagem dos rios ou canais. A seguir são apresentadas as especificações gerais do modelo e os dados importantes a serem observados no momento da medição de vazão (Tabela 1).

Tabela 1 – Especificações gerais do *RiverSurveyor M9*

PARÂMETRO	AMPLITUDE
Distância de perfilagem	0,06 m a 40 m
Máxima de velocidade do canal a ser medido	+/- 20 m/s
Acurácia	até +/- 0,25% das leituras; +/- 0,2 cm/s
Resolução	0,001 m/s
Número de células	até 128
Tamanho da célula	0,02 m a 4 m
Configuração do transdutor	9 transdutores Quatro feixes duplos de 3,0 MHz/1,0 MHz posicionados em ângulos de 25° 1 feixe vertical de 0,5 MHz
Profundidade de medição	0,20 m a 80 m
Acurácia	1 %
Resolução	0,001m
Faixa de medição com rastreamento de fundo (<i>Bottom Track</i>)	0,3m a 40 m
Faixa de medição com GPS <i>RTK</i>	0,3 m a 80 m

*fonte: <https://www.sontek.com/RiverSurveyor-s5-m9>

Nos próximos subitens serão apresentados os componentes do M9 e seus acessórios para a realização da medição.

2.1 RiverSurveyor M9

O *RiverSurveyor M9* é armazenado e transportado em uma maleta própria conforme a Figura 1, seus componentes são apresentados na Tabela 2 e Figura 2.

Em termos gerais, o sistema *RiverSurveyor M9* é composto pelo próprio equipamento, que possui um conjunto de 9 (nove) transdutores, duas bases para comunicação e referência de localização GPS, uma prancha flutuadora (Hydroboard), cabos e *softwares*.

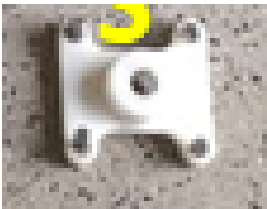
Figura 1 – Maleta do *RiverSurveyor M9*



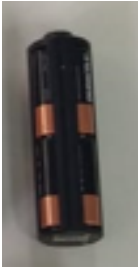
Figura 2 – Itens do *RiverSurveyor* M9



**Tabela 2** – Componentes do *RiverSurveyor M9*

Número	Foto	Descrição	Qnt
S-01		Cabo de Comunicação e alimentação de 20m	1
S-02		Fonte do cabo de comunicação e alimentação	1
S-03		Cabo para fonte do cabo de comunicação e alimentação	1
S-04		ADP M9	1
S-05		Cabo de comunicação M9/ <i>Rover</i>	1
S-06		Suporte ADP da barra da antena GPS	1
S-07		Antenas GPS	2

Número	Foto	Descrição	Qnt
S-08		PCM <i>Rover</i>	1
S-09		Base <i>RTK</i>	1
S-10		Extensor USB (Macho/Fêmea)	1
S-11		Base de apoio e suporte da antena GPS	1
S-12		Haste de suporte da antena GPS	2
S-13		Cabo da Antena GPS de 3 metros (Base <i>RTK</i>)	1
S-14		Cabo da Antena de Rádio de 3 metros (Base <i>RTK</i>)	1

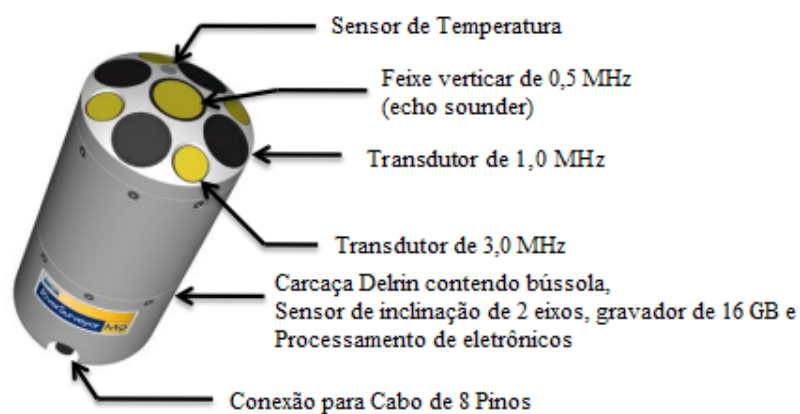
Número	Foto	Descrição	Qnt
S-15		Adaptador USB/Antena de Rádio	1
S-16		Cabo da Antena GPS de 60 cm (PCM <i>Rover</i>)	1
S-17		Cabo da Antena de Rádio de 60 cm (PCM <i>Rover</i>)	1
S-18		Suporte da Antena de Rádio	2
S-19		Suporte da Base <i>RTK</i>	1
S-20		Adaptador de pilhas	4
S-21		Antena de Rádio	3

Número	Foto	Descrição	Qnt
S-22		Hydroboard	

Abaixo são explicadas as características e funções dos principais componentes do M9.

- **ADP M9** – O ADP possui 9 feixes, sendo destinado para uso em barcos ou pranchas em águas rasas ou profundas. Possui dois conjuntos de transdutores, ambos na configuração Janus, sendo quatro transdutores de 3,0 MHz e quatro de 1,0 MHz que medem a velocidade da água e a profundidade do canal. Também possui um feixe acústico vertical (*echo sounder*) de 0,5 MHz que fornece dados exclusivamente de profundidade do canal (Figura 3).

Figura 3 – Transdutores do M9, adaptado do Manual do M9



Existem quatro encaixes de bronze no topo do ADP que podem ser utilizados para fixá-lo ao lado do barco ou para fixar a antena GPS utilizando o item S-06, suporte da barra da antena GPS (Figura 4).

Figura 4 – Localização dos Encaixes de Bronze, manual do M9

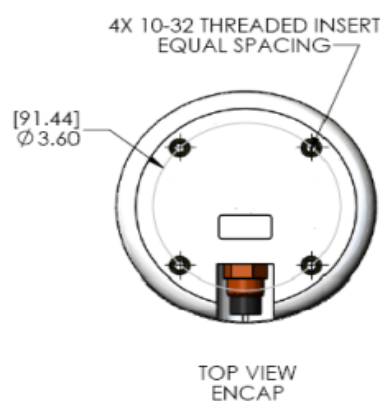
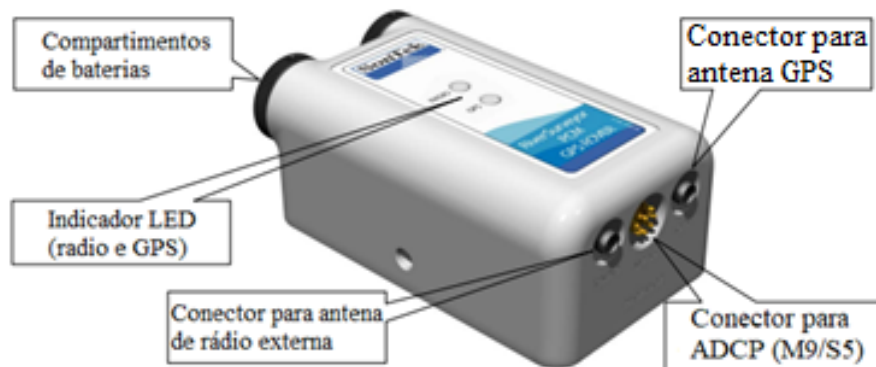


Figura 3. Localização dos Encaixes de Bronze

- **PCM Rover** (abreviatura em inglês para **Power and Communications Module**) – O Rover é conectado ao M9 utilizando o cabo de comunicação M9/Rover (item S-05). Fornece energia ao ADP utilizando pilhas AA alcalinas, NiMH recarregáveis ou bateria recarregável e permite a comunicação remota com um PC através de um link de rádio. (Figura 5)

Figura 5 – PCM Rover



Fonte: adaptado de Sontek (2017).

- **Base RTK** – A Base possui um receptor GPS RTK (abreviatura em inglês para *Real-time Kinematic GPS solution*) que fornece dados de posicionamento cinéticos em tempo real com precisão de ± 3 cm. A solução RTK da Sontek utiliza a antena GPS móvel (acoplada ao ADP e à PCM Rover) e a antena GPS fixa (acoplada à Base RTK) para corrigir o posicionamento da embarcação, permitindo obter posições com qualidade RTK. A Base RTK deve estar em um local fixo. Uma linha de vista direta entre a Base RTK e o Rover fornece melhor comunicação, tendo o limite máximo de comunicação de 2 km (Figura 6). Se a comunicação entre a Base e Rover for perdida, uma correção de sub-metro (menor de 1 metro) normalmente é válida por até 45 minutos sem ter que restabelecer as comunicações.

Figura 6 – Base RTK



Fonte: adaptado de Sontek (2017).



Evite instalar a base RTK em locais que possuam obstruções como, por exemplo, grandes árvores e edifícios, que podem refletir o sinal GPS causando multicaminhamento do sinal.

- **Rádio** – A Sontek utiliza a frequência de rádio de 2,4 GHz para todas as comunicações entre PC, *Rover* e Base *RTK*, possuindo um posicionamento flexível da antena para que possa ser movimentada para cima ou para baixo para melhorar o alcance.

O Adaptador USB/Antena de Rádio (item S-15) tem três opções de potência de transmissão*:

- Baixo – 10 dBm (equivalente a 10 mW)
- Médio – 19 dBm (equivalente a ~80 mW)
- Alta – 22 dBm (equivalente a ~160 mW)

Quando utilizado em baixa potência (10 dBm), os alcances para os rádios são:

- Base para *Rover*: 1000 m
- PC/Tablet para *Rover* (via rádio USB): 450 m

Já em alta potência (22 dBm), as faixas para os rádios são:

- Base para *Rover*: 3000 m
- PC/Tablet para *Rover* (via rádio USB): 1500 m

Destaca-se que as condições de campo são variáveis e os alcances de rádio podem ser afetados por vários fatores ambientais, potência de transmissão e ganho da antena.



* Os valores de alcance são fornecidos pelo fabricante do equipamento e baseados em aplicações nos EUA. As condições de campo encontradas no Brasil podem ser diferentes, implicando em menor alcance.

3 Programa de medição

O *RiverSurveyor Live* é o programa fornecido pelo fabricante para a realização das medições de vazão. Para a coleta de dados é importante sempre utilizar a última versão do *software*, portanto, recomenda-se que as atualizações sejam conferidas antes da realização das campanhas de campo.

Este capítulo apresenta as características do programa de medição de descarga líquida e os procedimentos que devem ser realizados antes, durante e após a medição de descarga utilizando o *RiverSurveyor M9*. Serão apresentadas as principais funções disponíveis na barra de ferramentas e as janelas da área de trabalho.

Caso o usuário queira aprofundar nas funcionalidades do programa, recomenda-se a leitura do manual do usuário do *RiverSurveyor Live* disponibilizado pelo fabricante.

3.1 Instalação do programa

A instalação do *RiverSurveyor Live* é feita através de um arquivo executável para *Windows*, obtido no sítio eletrônico do fabricante.

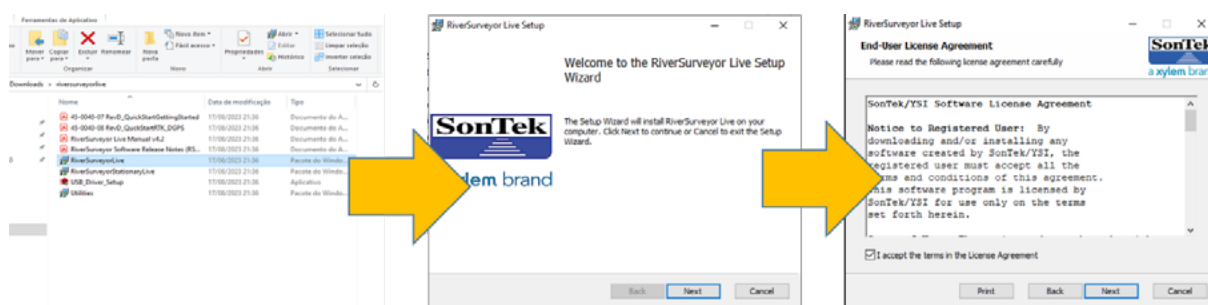
Os requisitos mínimos do sistema para utilização do programa de medição são:

- Sistema operacional: Windows 7
- Processador: 1.6 GHz
- Memória: 1 GB
- Espaço em disco: 1 GB
- Resolução do monitor: 1280 x 800

Ao executar o arquivo de instalação, abre-se uma janela com instruções e comandos autoexplicativos apresentados a seguir, e que permitem, mesmo a um usuário sem experiência, instalar e configurar o programa corretamente.

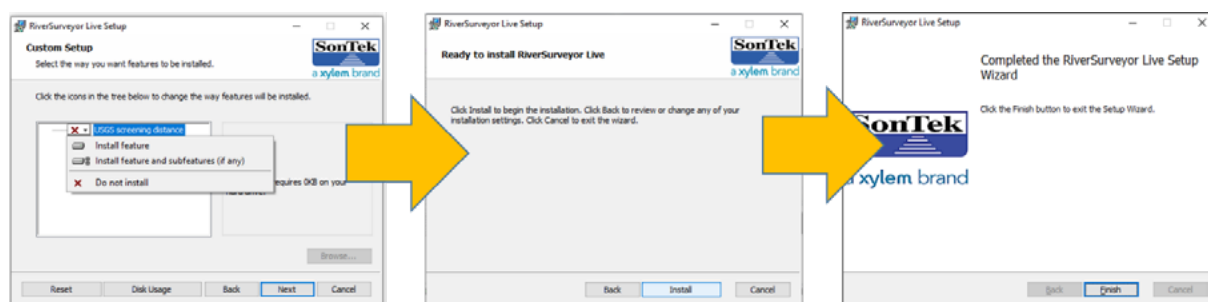
- a. Na janela de instalação, clique em “Next” para iniciar o procedimento;
- b. Leia as condições da licença e se estiver de acordo, clique em “Next”;

Figura 7 – Passos a e b para instalação do *RiverSurveyor Live*



- c. Escolha a opção “X – Do not install” no ícone “USGS screening distance” e clique em “Next”;
- d. Na próxima janela, clique em “Instalar” para iniciar o procedimento;
- e. Abrirá uma janela com uma barra verde para acompanhar a evolução do procedimento de instalação do programa. Assim que o procedimento for concluído, abrirá uma janela informando que a instalação está completa, clique em “Finish” para finalizar o procedimento.

Figura 8 – Passos c, d e e para instalação do *RiverSurveyor Live*





O programa de instalação criará automaticamente um ícone na área de trabalho do computador. Os arquivos do programa, inclusive o arquivo executável do *RiverSurveyor Live*, estarão armazenados na pasta Sontek, dentro da pasta Arquivos de Programas da raiz do computador.

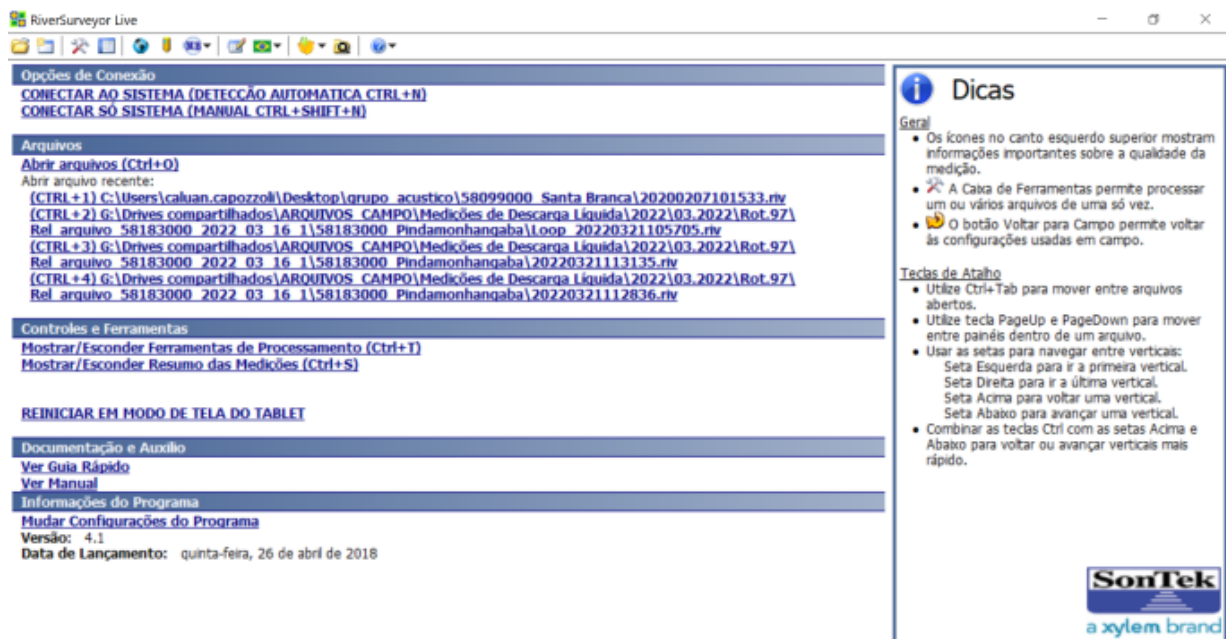


Durante a instalação do *RiverSurveyor Live*, é necessário marcar o “X - Do not install” na opção *USGS screening distance*, para que não ocorram divergências com as unidades de medidas e separador de decimal (ver figura 8).

3.2 Tela inicial do programa

A tela de início do *RiverSurveyor Live* é apresentada na Figura 9, bem como suas cinco sessões que oferecem opções de conexão, acesso aos arquivos de medição, controle e ferramentas, documentação e informações do programa.

Figura 9 – Tela de inicial do *RiverSurveyor Live*



As mesmas opções são apresentadas nos ícones que estão na parte superior da tela inicial (figura 10).

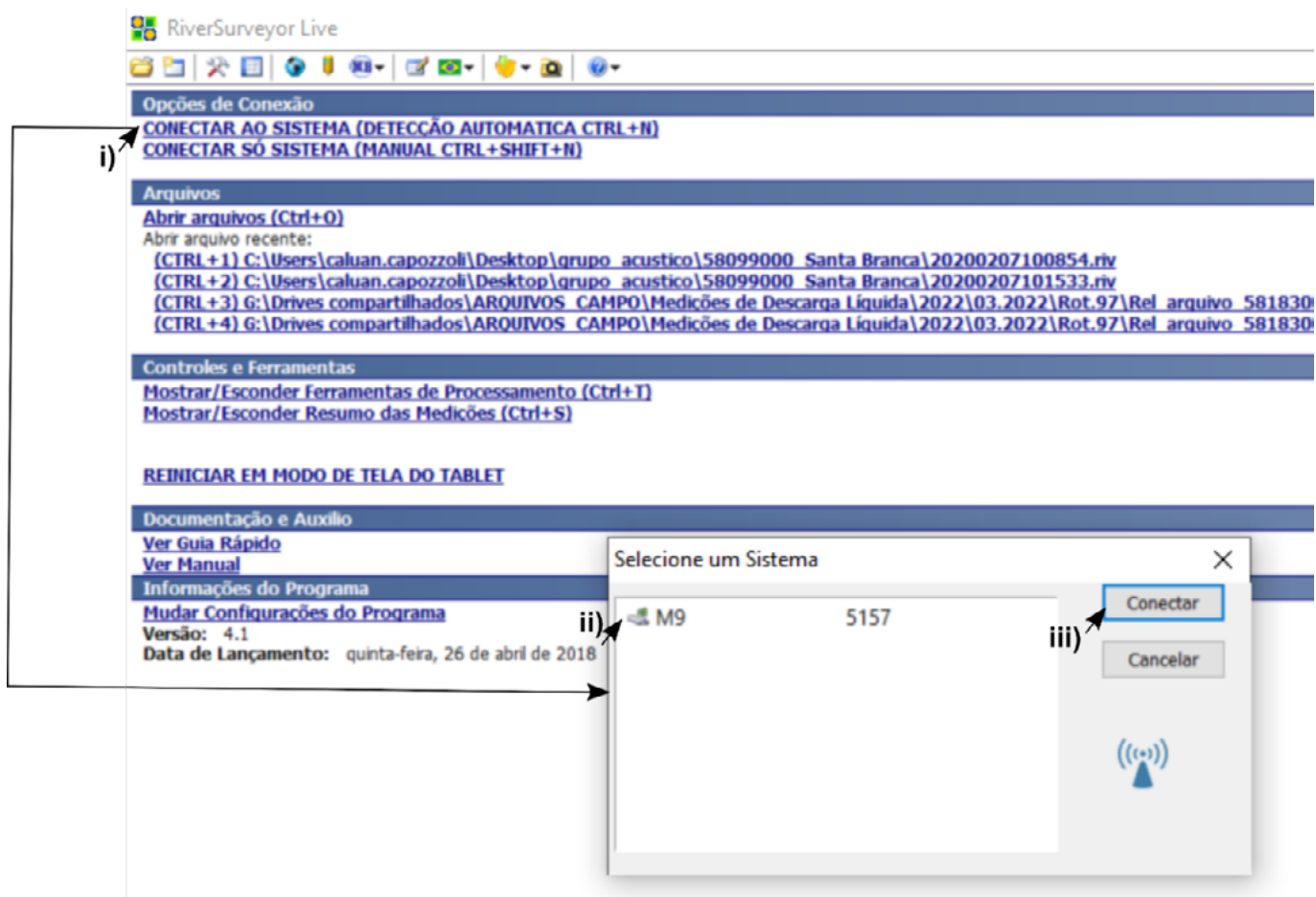
Figura 10 – Ícones da tela inicial do *RiverSurveyor Live*



Para acessar o ambiente de medição de descarga líquida é necessário que o *RiverSurveyor* M9 esteja ligado e pronto para a conexão. Para realizar a conexão são realizados os seguintes passos (Figura 11):

- Em “**Opções de conexão**” selecione “**Conectar ao Sistema (DETECÇÃO AUTOMÁTICA CTRL + N)**”;
- Será aberta a janela “**Selecione um sistema**” que deverá indicar a existência de um M9 pronto para conexão. Caso haja mais de um aparelho pronto para conexão, a janela irá mostrar todos os equipamentos disponíveis para conexão;
- Selecione o equipamento que será conectado e clique no botão “**Conectar**”

Figura 11 – Sequência para conexão do *RiverSurveyor Live* com o *RiverSurveyor* M9



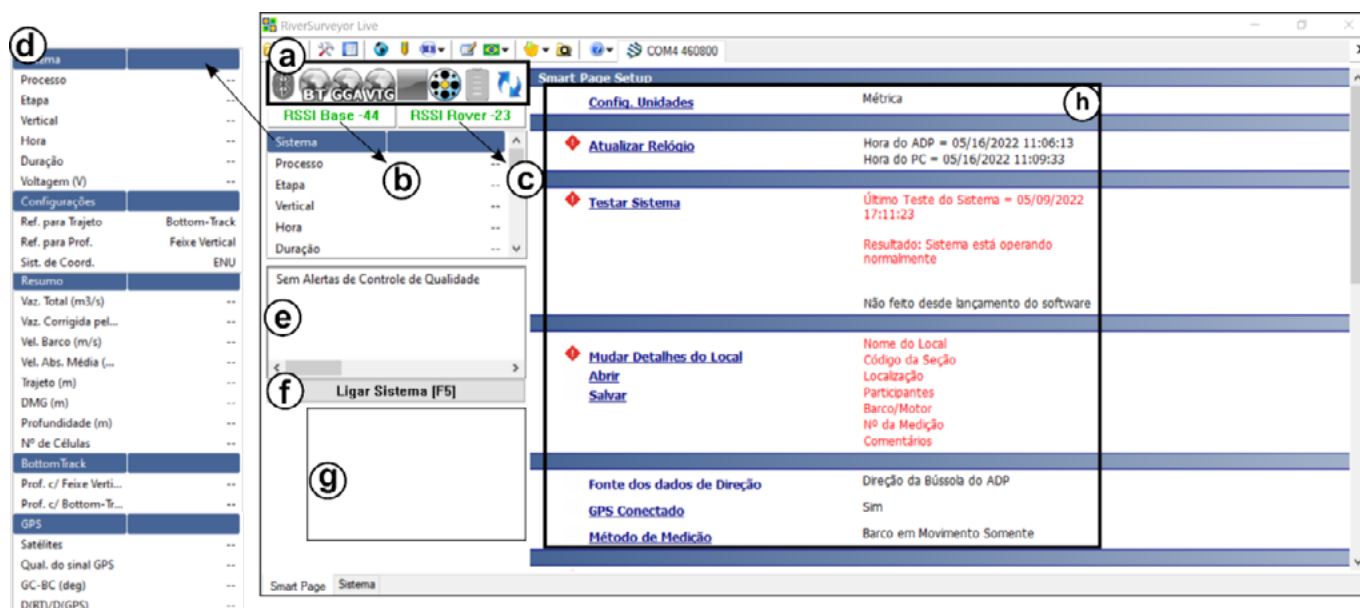
3.3 Área de trabalho do *RiverSurveyor Live*

- A Área de Trabalho do *RiverSurveyor Live* é organizada em telas e abas que são disponibilizadas após a adequada conexão com o *RiverSurveyor* M9. As telas e funções de cada aba serão apresentadas a seguir.

3.3.1 Aba *Smart Page*

Na aba *Smart Page* editam-se as configurações iniciais da medição de descarga líquida, também consta nesta aba janelas que permitem acompanhar a qualidade da medição de descarga líquida e a opção “Ligar Sistema” que faz com que o ADP M9 inicie a emissão de ondas acústicas e a realizar medidas, que neste momento não ficam salvas. A Figura 12 apresenta a tela da *Smart Page*, os principais itens da página são indicados na figura e explanados a seguir.

Figura 12 – Aba *Smart Page* com as indicações de seus principais elementos



a. Indicadores de sinais e conexões

Os ícones indicados neste bloco (Figura 13) mostram, respectivamente, a situação do sinal *bluetooth* (Figura 14); a disponibilidade dos dados de *Bottom Track* para determinação da profundidade e da velocidade do barco (figura 15), qualidade da referência de trajeto GPS *RTK* (Figura 16), qualidade da referência de trajeto GPS sentença *VTG* (Figura 17) e tipo de referência de profundidade utilizada (Figura 18).

Figura 13 – Bloco de ícones do item a



Quando o usuário utiliza uma conexão Bluetooth entre o computador e o ADP, o ícone azul indica que o Bluetooth está ativado. Para o caso de conexão direta entre o ADP e o computador, esta conexão também indicará que o *Bluetooth* está ativo.

Figura 14 – Ícones indicativos da condição do sinal *Bluetooth*

<i>Bluetooth</i>	
Inativo	Ativo

As quatro imagens da figura 15 indicam as quatro condições possíveis de apresentação do ícone *Bottom Track*. O ícone em azul representa a condição ideal, em que a profundidade da água e a velocidade do barco podem ser determinadas pelo *Bottom Track*.

Figura 15 – Ícones indicativos da condição do *Bottom Track* para referência de trajeto e para determinação da velocidade da água

Referência	<i>Bottom Track</i>			
				
Profundidade	Válido	Válido	Inválido	Inativo
Velocidade	Válido	Inválido	Inválido	Inativo

Existem cinco ícones diferentes para representar a condição do GPS *RTK* (Figura 16). A condição ideal é representada pelo ícone azul em que o equipamento efetua correções de posicionamento em tempo real com qualidade milimétrica. Eventualmente, o programa pode alternar entre o ícone azul *RTK* e o verde *DIF* enquanto o GPS está determinando o ponto fixo e o ícone ficará azul continuamente quando o ponto fixo for definido.

Figura 16 – Ícones indicativos da condição do GPS *RTK* para referência de trajeto

<i>GPS RTK</i>				
				
4	2	1	0	
Qualidade RTK	Qualidade diferencial	Posição não corrigida	Invalido ou sem dados	Inativo ou desabilitado

Para o caso do GPS *VTG* (Figura 17) existem quatro possibilidades de ícones para representar sua condição. Também neste caso, o ícone azul representa a condição ideal para medição e o ícone amarelo pode ser aceitável, desde que sejam verificados outros parâmetros do sinal GPS (qualidade do sinal e HDOP).

Figura 17 – Ícones indicativos da condição do GPS *VTG* para referência de trajeto

<i>GPS VTG</i>			
			
Velocidade válida	Velocidade válida (cobertura de satélites é limitada)	Invalido ou sem dados	Inativo ou desabilitado

O *RiverSurveyor M9* possui dois métodos para determinação da profundidade: o feixe vertical e o *Bottom Track*, que são indicados pelos dois primeiros ícones (Figura 18). O ícone vermelho indica a condição em que a profundidade não pode ser determinada por nenhum dos métodos. Isto pode ocorrer em seções muito rasas (profundidade para medição < 0,20m) ou em ambientes em que a vegetação no leito dificulta a leitura da profundidade.

Figura 18 – Ícones indicativos da condição da referência de profundidade

Referência de profundidade			
			
Feixe vertical	Bottom Track	Profundidade não pode ser determinada	Inativo ou desabilitado

O ícone de conexão com o sistema (Figura 19) indica que o sistema está conectado e comunicando com as fontes externas (computador ou celular conectado ao *RiverSurveyor M9*).

Figura 19 – Ícone de conexão com o sistema

A carga da bateria é indicada por seis variações do respectivo ícone (Figura 20). O fabricante do equipamento recomenda que a bateria seja trocada assim que atingir o nível de 10%.

Figura 20 – Ícones indicando a carga da bateria

Carga da bateria					
					
100%	80%	60%	40%	20%	10%

O último ícone deste item indica o status da coleta e recebimento de dados do *RiverSurveyor M9* (Figura 21). O status “Coletando” indica que as leituras realizadas pelo equipamento estão sendo recebidas pelo computador conectado ao *RiverSurveyor M9*, enquanto que o status “Sem recebimento de dados” indica que o equipamento não está se comunicando com o computador conectado.

A perda de comunicação não indica necessariamente que os dados não foram coletados pelo *RiverSurveyor M9*, mas sim que a comunicação entre a sonda e o computador foi interrompida. Caso isso ocorra no meio de uma travessia e a comunicação seja reestabelecida, o arquivo com extensão *.rivr*, que é gerado instantaneamente no computador durante a medição e guarda os dados da travessia, apresentará uma falha na coleta de dados. Ao fazer o *download* dos dados do *RiverSurveyor M9* o arquivo desta mesma travessia, o com extensão *.riv* não apresentará a falha no período em que houve problema na comunicação.

Um ponto crítico da falha de comunicação é que, além de não receber os dados coletados, durante a falha também não é possível enviar comandos para o *RiverSurveyor* M9.

Figura 21 – Ícones indicando o status da coleta de dados

Coleta de dados	
	
Coletando	Sem recebimento de dados

b. Indicadores de potência de sinal

O item b indica a potência do sinal entre Base e o Rover (*RSSI* Base). Este parâmetro indica a força do sinal e pode variar de acordo com a quantidade de dados que está sendo transmitida. Contudo, os valores de *RSSI* ficam tipicamente no intervalo de -20 dBm (máximo) a -85 dBm (mínimo) e a probabilidade de interrupção na comunicação aumenta com a diminuição do *RSSI*.

Figura 22 – Itens b e c

RSSI Base -44	RSSI Rover -23
----------------------	-----------------------

c. Indicador de potência de sinal entre a Base e o Rover

O item c semelhante ao item b indica a potência do sinal entre o Rover e o computador (*RSSI* Rover) (Figura 22), e também apresenta valores típicos no intervalo de -20 dBm (máximo) a -85 dBm (mínimo) e a probabilidade de interrupção na comunicação aumenta com a diminuição do *RSSI*.

d. Barra lateral com informações sobre a medição

Nesta barra (Figura 23) são exibidas informações importantes de serem observadas pelo profissional de campo durante a medição. As informações estão divididas em seis categorias: Sistema, configurações, resumo, *Bottom Track*, GPS e bússola.

É possível configurar quais itens o *RiverSurveyor Live* irá mostrar durante a medição ou ainda mostrar todos os itens. Isso é feito clicando com o botão direito do mouse com o cursor em cima da janela e selecionando os itens de interesse.

Figura 23 – Barra lateral com informações sobre a medição

Sistema		BottomTrack	
Processo	Movimento	Prof. c/ Feixe Verti...	0,86
Etapas	Margem Final (36)	Prof. c/ Bottom-Tr...	0,86
Vertical	277	GPS	
Hora	13:50:16	Latitude (graus)	-23° 14' 19,51"
Duração	0:04:37	Longitude (graus)	-45° 18' 23,59"
Direção (graus)	27,2	Altitude (m)	737,26
Temperatura (gra...	22,5	Satélites	6
Voltagem (V)	10,3	Qual. do sinal GPS	1
Direção do ADP e...	5,1	Idade do sinal GPS	0,00
Configurações		UTC	165.004
Ref. para Trajeto	Bottom-Track	HDOP	1,30
Ref. para Prof.	Bottom-Track	GC-BC (deg)	-0,5
Sist. de Coord.	ENU	D(BT)/D(GPS)	1,001
Declinação Mag.	-22,1	Magnitude BMG-...	0,20
Correção de Direç...	0,0	Direção BMG-GM...	358,3
Deslocamento X d...	0,0	UTM (m)	468.639,39
Deslocamento Y d...	0,0	UTM (m)	7.430.016,93
SmartPulseHD™	Ativado	Bússula	
Salinidade	0,0	Pitch (graus)	-1,0
Fonte dos dados ...	Direção da Bússol...	Roll (graus)	-2,4
	Desativado	Erro Magnético (%)	0,86
Resumo			
Vaz. Superfície (m...	4,51		
Vaz. Meio (m3/s)	9,09		
Vaz. Fundo (m3/s)	1,46		
Vaz. Esquerda (m3...	0,14		
Vaz. Direita (m3/s)	0,10		
Vaz. Total (m3/s)	15,305		
Vaz. Corrigida pel...	--		
% Medida (%)	0,0		
Vel. Barco (m/s)	0,012		
Vel. Abs. Média (...)	0,272		
Barco/Água	0,0		
Trajeto (m)	23,46		
DMG (m)	22,22		
DMG Vertical (m)	-0,05		
Profundidade (m)	0,86		
Nº de Células	20		

Na categoria sistema, são indicadas informações relativas ao método de medição, etapa da medição, além de informações de duração da medição e capacidade da bateria.

Em configurações é possível indicar todos itens que fazem parte da configuração do sistema e que são atribuídos pelo profissional de campo antes de realizar a medição.

Resumo permite mostrar as informações calculadas a partir dos dados coletados (vazões, áreas e duração da medição) e que são de interesse para o resumo de medição. A categoria *Bottom Track* possui apenas dois itens: profundidade medida com feixe vertical e profundidade medida com *Bottom Track*. Para a categoria GPS é permitido exibir tanto informações de posicionamento (coordenadas geográficas) quanto de qualidade do posicionamento. A última categoria Bússula permite a exibição de valores de *pitch*; *roll* e erro magnético.

Considerando que os itens mostrados são informações em tempo real referentes à última vertical coletada pelo aparelho em uma das etapas de medição, alguns itens

são avaliados de forma mais adequada em forma de gráfico em função do tempo (um único valor por vertical não representa por si só uma informação útil para avaliação da qualidade da medição que está sendo realizada). Desta forma, sugere-se que, minimamente, os itens que constam na Tabela 3 sejam acompanhados durante o processo de medição.

Tabela 3 – Itens que devem ser ativados durante a medição na aba lateral do *RiverSurveyor Live*

Sistema	
Informação	Aplicação
Etapa	Garantir que o M9 está executando a etapa correta
Hora	
Configurações	
Informação	Aplicação
Referência para trajeto	Verificar qual a referência primária utilizada
Resumo	
Informação	Aplicação
Vazão total	Acompanhar como está se dividindo a vazão da seção
Vazão superfície	
Vazão meio	
Vazão fundo	
Vazão corrigida pelo <i>Loop</i>	
% Metido	Acompanhar se o percentual medido é adequado
Trajetos	Comparar trajeto realizado com o DMG
DMG	
Nº de células	Acompanhar se o número de células está diminuindo/aumentando e se aproximando de 2 células
GPS	
Informação	Aplicação
GCBC	Acompanhar se o valor se mantém próximo de 0 (zero)
D(BT)/D(GPS)	Acompanhar se o valor se mantém próximo de 1 (um)

e. Ferramenta de controle de qualidade da medição

A ferramenta de controle de qualidade da medição de descarga líquida em tempo real (*Real-Time QC*), Figura 24, foi desenvolvida para fornecer aos usuários um *feedback* instantâneo da qualidade dos dados coletados e condições de medição. O processo de controle de qualidade é aplicado para todas as amostras de dados coletados du-

rante as travessias, método *Loop* ou método SMBA. A ferramenta permite ao usuário identificar qualquer problema na qualidade dos dados associados à seleção do local de medição, condições hidráulicas da seção ou procedimentos de medição. O usuário poderá facilmente identificar a necessidade de repetir a medição ou até mesmo selecionar outra seção para realização da medição de descarga líquida por meio das informações fornecidas na janela de controle de qualidade de medição.

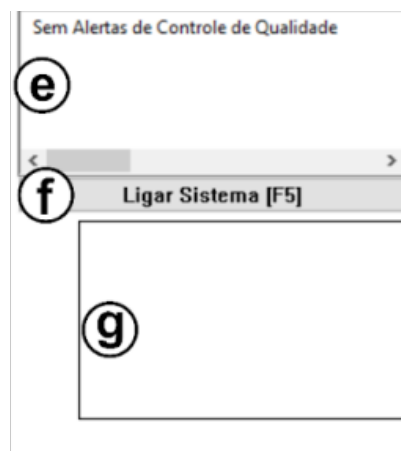
f. Botão para ligar o sistema

Uma vez acionado este botão, o ADP M9 inicia a emissão de ondas e interpretação do sinal recebido. Convém destacar que apenas iniciar o sistema não faz com que as informações coletadas pelo equipamento sejam salvas.

g. Gráfico SNR (Relação Sinal/Ruído)

Após iniciada a medição esse gráfico apresentará a SNR (Relação Sinal/Ruído) de cada feixe em relação à profundidade de cada vertical. Esse gráfico pode ser alterado, clicando com o botão direito e selecionar no menu suspenso *WaterTrack* e Velocidade, para mostrar cada componente de velocidade no sistema de coordenadas. Outro uso para esse gráfico é selecionando Resumo, seguido por Vazão que apresentará extração do perfil com a área sob o gráfico sendo a vazão incremental para a amostra/perfil.

Figura 24 – Blocos e, f e g



h. Entradas e configurações para medição

Na aba *Smart Page Setup*, Figura 25, o usuário terá acesso às seguintes entradas e configurações:

Figura 25 – Smart Page Setup

Smart Page Setup	
Config. Unidades	Métrica h
Atualizar Relógio	Hora do ADP = 05/16/2022 11:06:13 Hora do PC = 05/16/2022 11:09:33
Testar Sistema	Último Teste do Sistema = 05/09/2022 17:11:23 Resultado: Sistema está operando normalmente
Não feito desde lançamento do software	
Mudar Detalhes do Local	Nome do Local Código da Seção Localização Participantes Barco/Motor Nº da Medição Comentários
Abrir Salvar	
Fonte dos dados de Direção	Direção da Bússola do ADP
GPS Conectado	Sim
Método de Medição	Barco em Movimento Somente



Todas as etapas demonstradas no item h deverão ser realizadas antes de iniciar a medição de descarga líquida.

h.1) Configuração de unidades: Há possibilidade de o usuário alterar o sistema de medidas, sendo eles o sistema métrico e o inglês, de acordo com o seu interesse. Na operação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) é utilizado o sistema métrico.

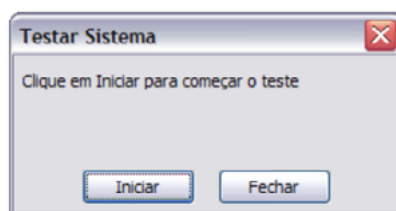
h.2) Atualizar relógio: Nesta etapa, o usuário deverá realizar a atualização da data e hora de acordo com o relógio interno do computador utilizado no momento da medição. Para isso, basta clicar no texto “Atualizar Relógio” e Ativar (Figura 26).

Figura 26 – Janela para Atualização do relógio



O relógio do M9 deve sempre ser configurado no horário oficial de Brasília (GMT - 3)

h.3) Testar Sistema: Ao clicar em “Testar Sistema” e Iniciar (Figura 27), o programa iniciará o processo de verificação dos componentes de *hardware*, sendo eles a tensão da bateria, bússola, cartão de memória e sensor de temperatura (Sontek, 2017).

Figura 27 – Janela para Teste do Sistema

Depois de realizado o teste de sistema o programa retornará o resultado deste teste, sendo eles:

- Sistema está operando normalmente: indicativo que todos os componentes estão dentro dos parâmetros de funcionamento.
- Teste de sistema com falha: indica que há problema com algum componente.

Caso ocorra falha no teste do sistema será necessário verificar a tensão das baterias (Tensão < 12 volts no PCM Rover ou tensão < 9,5 volts na Base RTK), funcionamento da bússola e do sensor de temperatura e condição do cartão de memória.

O resultado do teste pode ser visualizado tanto na aba *Smart Page*, bem como no arquivo formato .txt que é gerado ao realizar este teste (Figura 28). Conforme mostrado na figura, o arquivo .txt mostra o resultado de cada um dos testes separadamente, permitindo assim a identificação do componente que apresentou problema durante o teste de sistema.

Figura 28 – Formas de visualização do resultado do teste do sistema

*SystemTest20191210161219.txt - Bloco de Notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

Serial Number: 2814

System Test: PASS

Battery voltage is greater than 12 volts

Compass is in working condition

SD card is in working condition

Temperature sensor is in working condition



Toda medição de descarga líquida deve ser precedida de um teste de sistema. Deste modo, além dos arquivos das travessias de medição de descarga líquida, devem ser entregues, obrigatoriamente, os arquivos de teste de sistema (.txt).

h.4) Mudar detalhes do local: Neste item o usuário deverá inserir informações locais em que será realizada a medição de descarga líquida, sendo elas:

- a. Nome do local:** Nome da estação fluviométrica;
- b. Código da Seção:** Código da estação fluviométrica;
- c. Localização:** Inserir o local da medição da descarga líquida. Se ela for realizada fora da seção de réguas, informar a distância que ela foi realizada da seção e se foi a montante ou jusante;
- d. Participantes:** Equipe responsável por realizar a medição.
- e. Barco/Motor:** Inserir as informações do modo como será realizada a medição (Exemplos: Hydroboard/Barco/Cabo de aço; Hydroboard/Corda/Ponte; Hydroboard/Barco/Motor; Hydroboard/Corda)
- f. Número da medição:** Número da medição com base na série histórica das medições inseridas no banco de dados Hidro da RHN;
- g. Comentários:** Pode-se inserir observações que possam afetar a medição de descarga líquida como, por exemplo, a condição da seção de medição, controle hidráulico, presença de vento, vegetação, tempo aberto ou nublado entre outras.



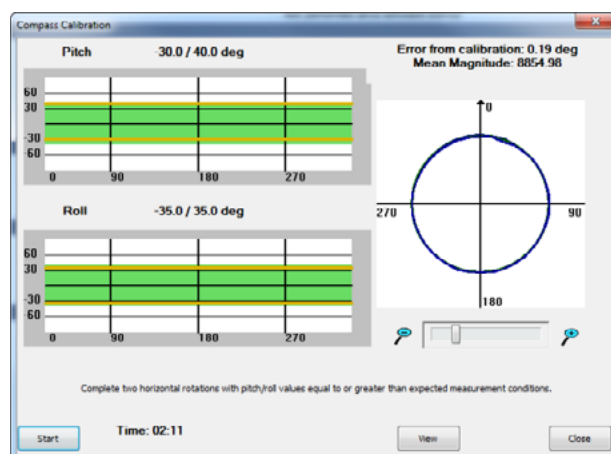
Os detalhes do local podem ser corrigidos ou incluídos após a realização da medição de descarga líquida. Caso haja alterações ou inclusões, esses itens serão destacados na cor verde.

O código da seção corresponde ao código definido pela ANA e utilizado no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

h.5) GPS Conectado: Indica automaticamente se o ADP M9 está conectado a um GPS.

h.6) Método de Medição: Neste campo é mostrado o método utilizado para a coleta de dados. O método embarcação em movimento é a única opção disponível até o momento.

h.7) Calibração da bússola: Para realizar a calibração da bússola basta clicar no link “Calibração da Bússola”. Quando o equipamento estiver montado e posicionado para realizar a calibração, clique em iniciar na janela do *pop-up* e inicie os movimentos de *pitch* e *roll*. Finalizada a calibração, clicar em término e verificar os resultados apresentados (Figura 29).

Figura 29 – Janela de calibração da bússola

Para avaliação da calibração da bússola, deve-se verificar o erro da calibração, os dados de *pitch* e *roll* e a magnitude média. De acordo com Sontek (2017), uma boa calibração terá um erro inferior a 0,5 graus, caso o valor esteja acima deste limiar a calibração da bússola não será válida para medição e deverá ser repetido o procedimento de calibração.



A calibração da bússola deve ser realizada antes de cada medição de descarga líquida. Sendo assim, toda medição de descarga líquida deve, necessariamente, ser acompanhada de um arquivo de calibração da bússola.

h.8) Mudar Configurações do Sistema: Ao clicar no *link* “mudar configurações do sistema” abrirá um *pop-up* com campos de profundidade dos transdutores, região filtrada, salinidade, declinação magnética, correção da direção da bússola, deslocamentos X e Y da antena GPS, referência para trajeto, referência para profundidade, sistema de coordenadas e parâmetros para correção da velocidade do som (Figura 30).

Figura 30 – Janela de configurações do sistema



As configurações do sistema podem ser corrigidas ou incluídas após a realização da medição de descarga líquida. Caso haja alterações ou inclusões, esses itens serão destacados na cor verde.

h.9) Configurações do Sistema:

- a. **Profundidade dos Transdutores:** deve-se inserir o valor, em metros, da distância entre a face do feixe vertical do transdutor e a superfície da água (*draft*). Cabe ressaltar que dependendo da situação encontrada na estação fluviométrica, por exemplo, em situação de cheias, será necessário fazer a montagem do equipamento com uma profundidade maior. Em cheias, aumentar a profundidade do transdutor pode evitar que o pulso emitido/recebido pelo M9 seja afetado pela turbulência da superfície ou mesmo que o transdutor emergja durante a medição.
- b. **Região Filtrada:** Refere-se à distância (em metros) abaixo da superfície da água em que se deseja iniciar a coleta de dados. Na prática, para o equipamento M9, considera-se a região filtrada como a profundidade dos transdutores somada a 16 cm (a qual se refere a distância descartada em função do tempo de recuperação do transdutor após emitir o pulso e da zona de influência hidrodinâmica do transdutor).
- c. **Salinidade:** Em estações onde há ocorrência de salinidade recomenda-se medir a salinidade próxima à face do transdutor e inserir o valor medido neste campo. Conforme recomendações do documento “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilados Acústico Doppler (ADCP)*”.
- d. **Declinação magnética:** deve-se inserir a declinação magnética do local onde será realizada a medição de descarga líquida. Este parâmetro pode ser obtido por aplicativos de celulares, como o GPS Status, ou através do site da NOAA (Magnetic Field Calculators), entre outros. A inserção da declinação magnética é necessária para que o trajeto do barco e os vetores de velocidade da água calculados pela referência GNSS sejam orientados corretamente com relação ao norte verdadeiro.
- e. **Deslocamento X e Y da antena do GPS:** Em caso de montagem em grandes embarcações, onde antena é instalada afastada do transdutor para uma melhor captação do sinal de GNSS, deve-se inserir as distâncias (em metros) nos eixos perpendiculares ao eixo principal do transdutor, indicado no próprio equipamento.
- f. **Referências para trajeto e profundidade:** Essas referências podem ser alteradas pelo usuário de acordo com as condições encontradas. Como opções para a referência de trajeto, pode-se escolher entre: *Bottom Track*, Sistema, GPS-GGA, GPS-VTG. Já como referência para a profundidade há duas opções, sendo elas *Bottom Track* e Feixe Vertical. Como *default* do programa *RiverSurveyor Live* as referências para trajeto e profundidade são, respectivamente, *Bottom Track* e Feixe Vertical.

g. Sistema de Coordenadas: o sistema de coordenadas também pode ser alterado pelo usuário, dentre as seguintes opções disponíveis: ENU, Feixe e XYZ. Como *default* (configuração original) do programa, a opção utilizada são as coordenadas ENU.

h.10) Trajeto Compostos: Quando a função está ativada, o *RiverSurveyor Live* calcula a vazão utilizando a referência que considera melhor para cada uma das verticais. Como consequência, quando a função trajeto compostos está ativa, a referência primária pode não ser utilizada no cálculo da vazão em todas as verticais. Deste modo, durante a medição de descarga líquida a função trajeto compostos deve permanecer desativada, para que se possa perceber a qualidade da referência primária durante a medição. Porém, os dados coletados em todas as referências de trajeto serão armazenados no arquivo de medição, podendo ser usada essa função no pós-processamento.

h.11) Configurações da Margem: ao clicar no item “Configurações da Margem” (Figura 31) o usuário poderá indicar a margem que iniciará a medição, o método de estimativa de vazão nas margens esquerda e direita, as distâncias das margens em que inicia e finaliza a medição de descarga líquida. Além disso, nesta mesma janela poderá indicar a cota inicial e final e o parâmetro de auto-margem. A respeito dos métodos de estimativa de vazão nas margens, é possível considerar a geometria da margem como gradual (forma triangular cuja profundidade diminui gradualmente), vertical (margem retangular em formato de parede vertical) ou usuário (profissional informa o valor da vazão da margem).

Figura 31 – Janela de configuração das margens

Configuração das Margens

Margem Inicial: Marg. Dir.

Marg. Esquerda

Método Margem Esq.: Marg. Gradual

Dist. Marg. Esq. (m): 1,50

Vazão Estimada (m³/s): 0,00

Marg. Direita

Método Margem Dir.: Marg. Gradual

Dist. Marg. Dir. (m): 2,00

Vazão Estimada (m³/s): 0,00

Cota

Cota Inicial (m): 1,10

Hora Cota Inicial: 16:28:49

Cota Final (m): 1,10

Hora Cota Final: 16:32:33

Auto-Margem

Número de Verticais: ☐ 0

☐ Mostrar Janela das Margens

OK Cancelar

O parâmetro de auto-margem pode ser definido pelo usuário para a coleta de dados de forma automática para extrapolação da vazão das margens. Vale ressaltar que, para

a extrapolação da vazão das margens, é necessário que o ADCP fique parado e colete pelo menos 10 verticais válidas em cada travessia, com duas células boas, tanto na margem inicial quanto na margem final. Portanto, caso o usuário opte por utilizar esta ferramenta o número de verticais mínimo de entrada nesta configuração deverá ser de 10 verticais.

h.12) Configuração da extrapolação do perfil: Neste campo é definido o modo como será feita a estimativa de vazão das áreas não medidas no topo e no fundo. A opção padrão do *RiverSurveyor Live* considera como padrão a extrapolação do perfil de velocidades para o topo e para o fundo utilizando o método da lei de potência descrito por Chen (1989) e amplamente utilizado para estimativas do perfil de velocidade em canais abertos.

O *RiverSurveyor Live* apresenta ainda mais dois métodos de extrapolação de topo e mais um para extrapolação de fundo. No método de extrapolação de topo Constante, assume-se que a velocidade da água no topo é igual a velocidade da última célula válida. No método de extrapolação de topo três pontos, as três células do topo são utilizadas para extrapolar o perfil por regressão linear.

Além da lei de potência, a extrapolação de fundo pode ser feita utilizando a condição de não deslizamento de um fluido na fronteira com uma superfície sólida (este método é indicado como “*No slip*” na versão em inglês e traduzido como “Sem Ang.” na versão em português do *RiverSurveyor Live*). Nesse método, os primeiros 20% de células mais profundas são utilizadas para realizar um ajuste de potência considerando que a velocidade da água no leito do canal é zero (condição de não deslizamento). Recomenda-se fortemente verificar, com auxílio do QRev, o melhor ajuste possível para representar o perfil de velocidades da seção.



Logo após a instalação do *RiverSurveyor Live* é recomendado configurar as abas Smart Page, Verticais, Navegação, Margens, Série Temporal e Travessia de acordo com a indicação deste manual. Uma vez configurada, o *RiverSurveyor Live* mantém a configuração das abas realizada pelo usuário.

3.3.2 Aba Sistema

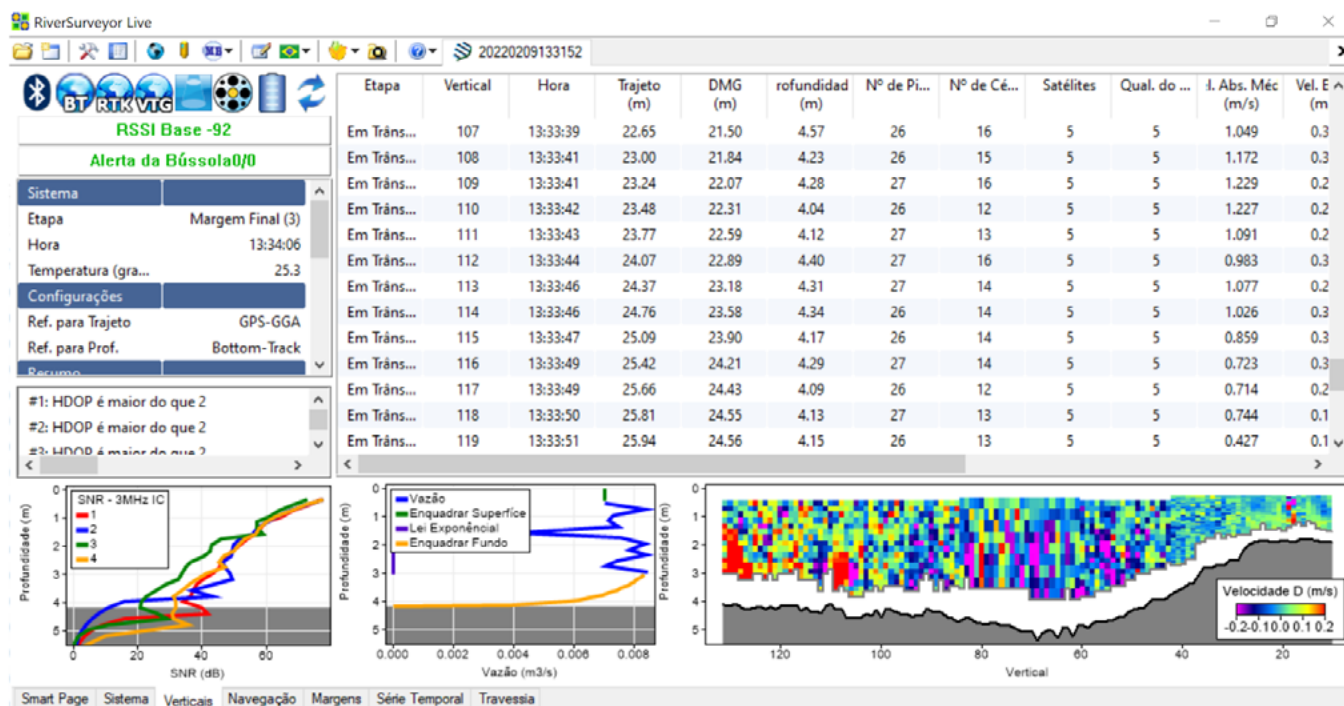
A aba sistema apresenta um resumo das configurações de sistema, indicando o tipo de equipamento, o número de série do equipamento, e as versões do *firmware* e do *software* utilizado.

3.3.3 Aba Verticais

Na aba verticais (Figura 32) são mostradas informações das verticais em formato tabular, gráfico com informações em função da profundidade para uma única vertical e o gráfico da seção transversal (cujo eixo horizontal pode ser a distância ou número da vertical). Nesta aba recomenda-se que o gráfico de informações para uma única vertical seja configurado para mostrar a vazão em função da vertical e o gráfico de seção transversal para mostrar a velocidade D (m/s).

O gráfico de vazão em função da profundidade permite verificar se o perfil de vazão é coerente com a extrapolação utilizada. A velocidade D refere-se ao erro de velocidade e espera-se que o valor do erro de velocidade seja próximo de zero.

Figura 32 – Aba verticais



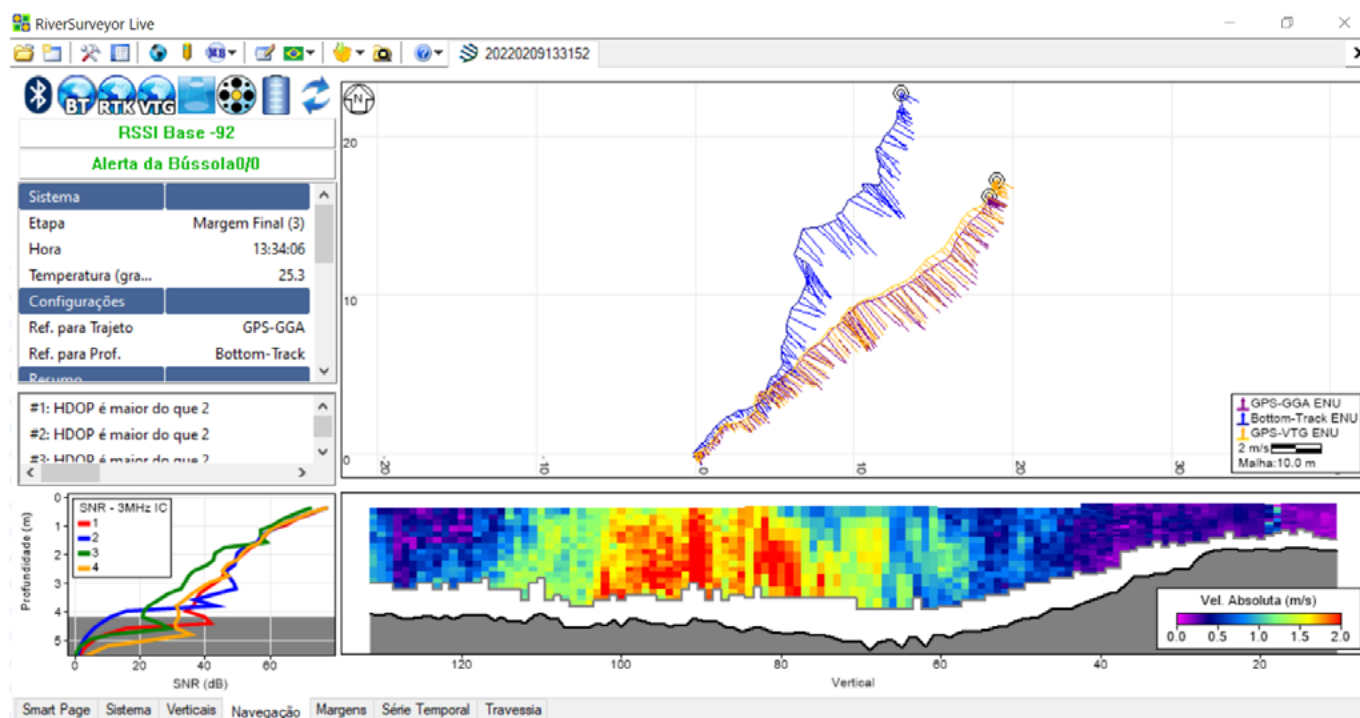
3.3.4 Aba Navegação

Apresenta o trajeto percorrido com as diferentes referências e o perfil de velocidades da seção (Figura 33). Para a travessia, sugere-se ativar a opção “Intervalo automático” e desativar a opção “Mostrar UTM”. Verifique se todas as opções de trajeto estão ativadas para serem mostradas no gráfico.

No gráfico da travessia o usuário deve atentar se o trajeto percorrido é perpendicular ao fluxo e, qualitativamente, avaliar se o trajeto dado por diferentes referências são coerentes entre si. Em uma seção sem fundo móvel e com boa exposição do GPS é esperado que os trajetos com *Bottom Track*, VTG e GGA sejam semelhantes entre si. Um afastamento entre os trajetos pode ser um indicativo da presença de fundo móvel.

No gráfico da seção transversal recomenda-se selecionar a opção “Velocidade Absoluta” que apresenta a magnitude da velocidade da água perpendicular à seção. Esta configuração permite ao usuário verificar se o padrão de velocidade ao longo da seção é coerente ao esperado de acordo com a geometria do canal e condições de fluxo.

Figura 33 – Aba navegação



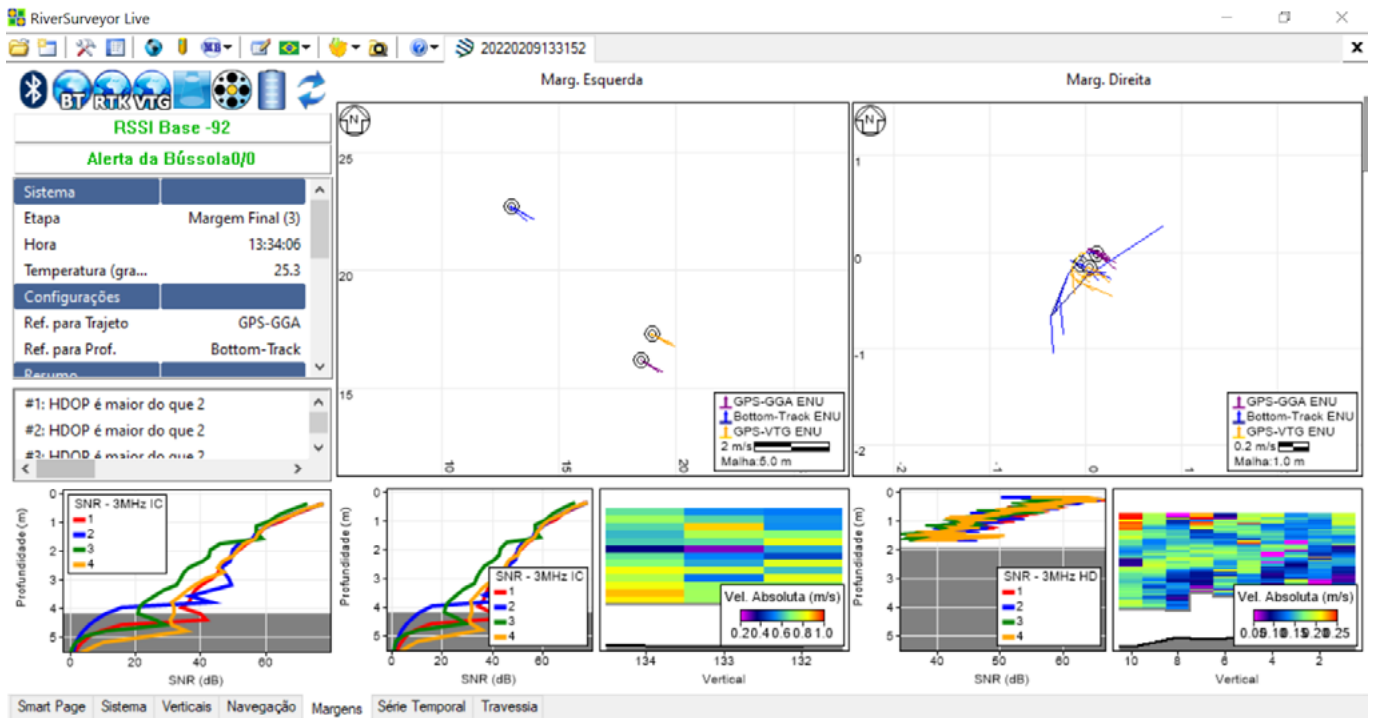
3.3.5 Aba Margens

Na aba margens (Figura 34) recomenda-se apresentar os gráficos de relação sinal ruído e o perfil de velocidade absoluta por células nas margens. Nesta seção espera-se que a relação sinal ruído tenha valores semelhantes entre si ao longo da profundidade. Um feixe com comportamento discrepante em relação aos demais, pode indicar que os feixes estão medindo profundidades diferentes ou problemas no transdutor. No perfil de velocidade absoluta por célula, o usuário deve avaliar se a velocidade indicada é coerente com o esperado (por exemplo, se o sinal da velocidade está correto com o observado) e se a medida de velocidade da margem está sendo feita respeitando o limite de ao menos duas células válidas.



Nas abas Verticais, Navegação e Margens, é possível configurar o eixo horizontal da seção pelo trajeto ou pelo número da vertical. Recomenda-se utilizar o trajeto no eixo horizontal.

Figura 34 – Aba margens



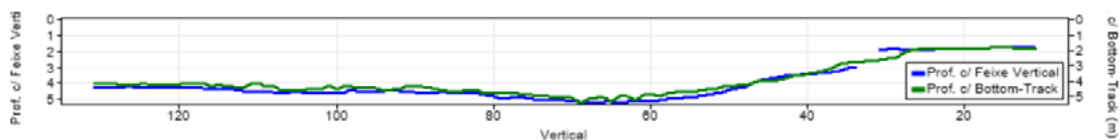
Todas as configurações de gráficos sugeridas podem ser alteradas através do menu suspenso ativado com o botão direito na respectiva área.

3.3.6 Aba Série Temporal

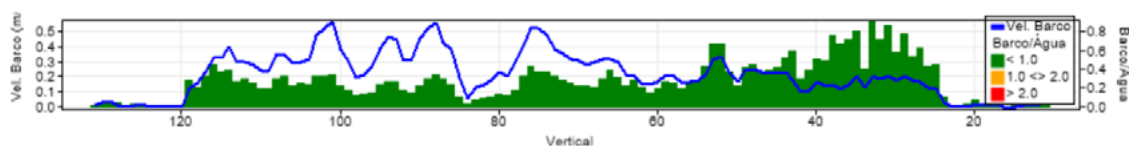
Esta aba apresenta os valores de variáveis medidas e coeficientes de qualidade em função do número da vertical e é possível indicar até dois eixos verticais diferentes. Para esta aba sugere-se a utilização da seguinte configuração:

No primeiro gráfico (Figura 35) apresentam-se as profundidades com feixe vertical e *Bottom Track*, no qual o usuário pode avaliar se o comportamento é semelhante e se a referência utilizada não está apresentando problemas na coleta de dados.

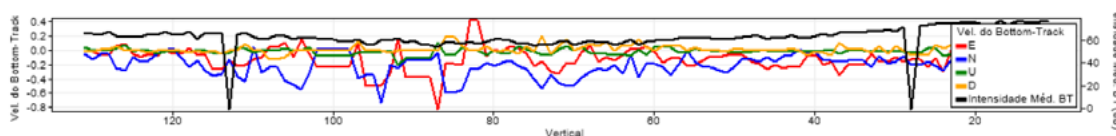
Figura 35 – Série temporal de profundidades



No segundo gráfico (Figura 36) recomenda-se a representação da velocidade do barco e a relação entre a velocidade do barco e a velocidade da água. Observando o comportamento temporal destas variáveis, o profissional de campo pode avaliar se a condução do barco segue as recomendações de condução suave, sem aceleração e desaceleração brusca e, preferencialmente, com velocidade menor que a velocidade média da água.

Figura 36 – Série temporal de velocidade do barco e razão barco/água

Para o terceiro gráfico (Figura 37), a escolha depende da referência primária de trajeto escolhida. Caso a referência primária seja o *Bottom Track*, recomenda-se apresentar a “Velocidade do *Bottom Track*” e a “Intensidade Média do *Bottom Track*”. O profissional deve acompanhar se as componentes “D” e “U”, que representam respectivamente o erro de velocidade e a componente vertical da velocidade do barco, estão próximas de zero. A intensidade média do *Bottom Track* deve ser maior que zero.

Figura 37 – Série temporal de velocidades do *Bottom Track*

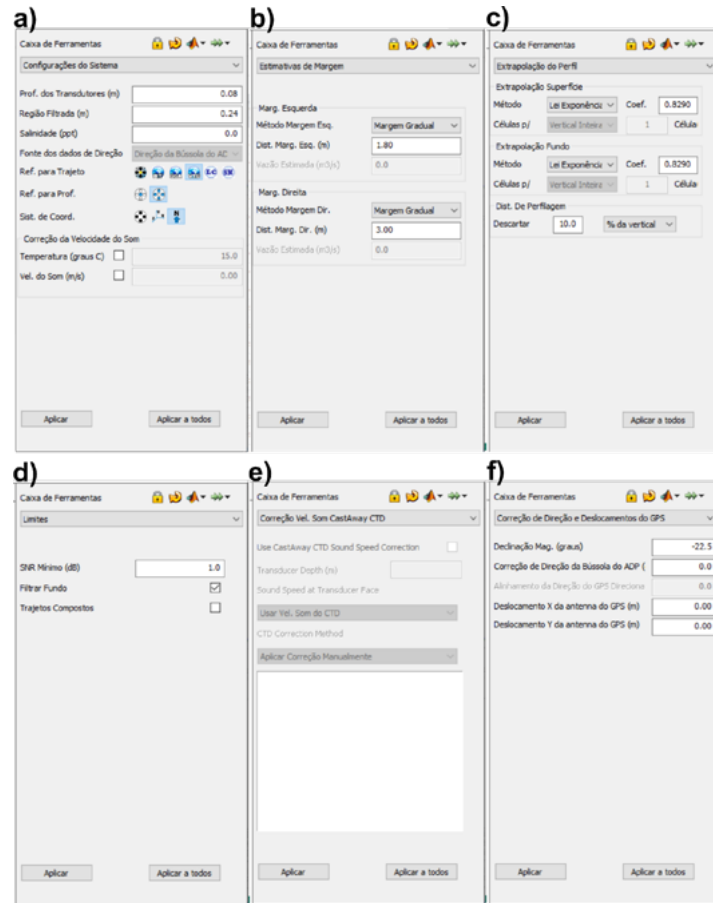
Caso a referência primária de trajeto seja GPS, recomenda-se representar no terceiro gráfico os parâmetros HDOP e “Qualidade do sinal GPS” (Figura 38) que permitem avaliar se o trajeto com GPS é adequado para o processamento da medição. Como critério quantitativo, o profissional de campo deve se atentar se o HDOP é menor que 4 (preferência menor que 2) e a Qualidade do sinal GPS é maior que 2 (posição com correção diferencial).

Figura 38 – Série temporal de HDOP e Qualidade do sinal GPS

3.3.7 Ferramentas de processamento

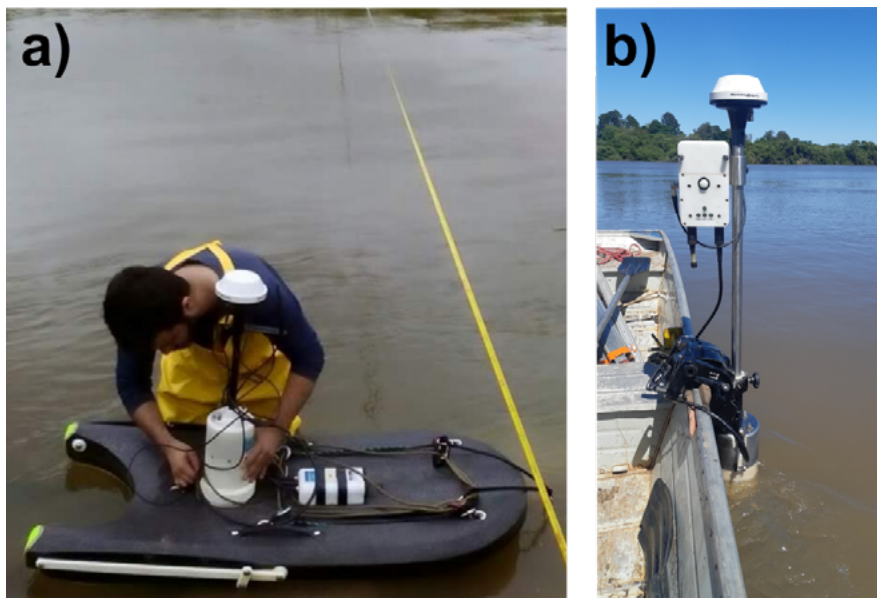
A janela Ferramentas de processamento (Figura 39) pode ser acionada durante a medição ou após a medição ao abrir os arquivos de travessias. Nesta janela é possível alterar parte das configurações da *Smart Page* e reprocessar a medição. A figura abaixo apresenta as abas disponíveis na janela Ferramentas de processamento. A aba Correção Vel.som CastAway CTD está desabilitada na versão atualmente utilizada e os itens contidos nas demais abas foram explicados nas seções anteriores deste capítulo.

A caixa de ferramentas permite que as alterações realizadas sejam aplicadas a todas as travessias abertas, sendo a melhor alternativa para processar alterações que forem realizadas no final da medição de descarga líquida.

Figura 39 – Abas da janela Ferramentas de processamento

4 Montagem do equipamento

As medições com *RiverSurveyor M9* podem ser realizadas usando a *Hydroboard* ou um suporte adaptado à embarcação, conforme ilustrado na figura 40, onde são mostrados (a) o ADP M9 montado na *Hydroboard* e (b) ADP M9 montado em um suporte de alumínio utilizado em barcos regionais.

Figura 40 – Possíveis arranjos para medição utilizando M9 em (a) montado na prancha *Hydroboard II* e em (b) montado em suporte adaptado para barco de alumínio

A Hydroboard é um flutuador projetado para manter o transdutor em uma profundidade constante durante a coleta dos dados sem causar interferência significativa no padrão de escoamento.

Na ausência da Hydroboard ou caso exista necessidade de coleta de dados com o transdutor mais profundo, pode-se adotar como alternativa um suporte de alumínio (ou outro material não magnético) adaptado para medições na lateral de outros tipos de embarcações.

Com o objetivo de facilitar o entendimento da montagem do equipamento, as etapas foram divididas em: montagem do receptor via computador portátil, montagem da Base RTK, montagem do ADP M9 com PCM Rover e montagem do ADP M9 sem PCM Rover.

A montagem do ADP M9 com PCM Rover acoplado à Hydroboard e a montagem utilizando suporte adaptado ao barco, são apresentadas em itens separados.

4.1 Montagem do notebook com antena de rádio

O notebook é utilizado como interface para visualização e comunicação com o ADP M9 durante a medição. Para montagem do receptor do M9 no notebook são utilizados os itens indicados na Figura 41 e na Tabela 4.

Figura 41 – Itens para montagem do receptor no notebook

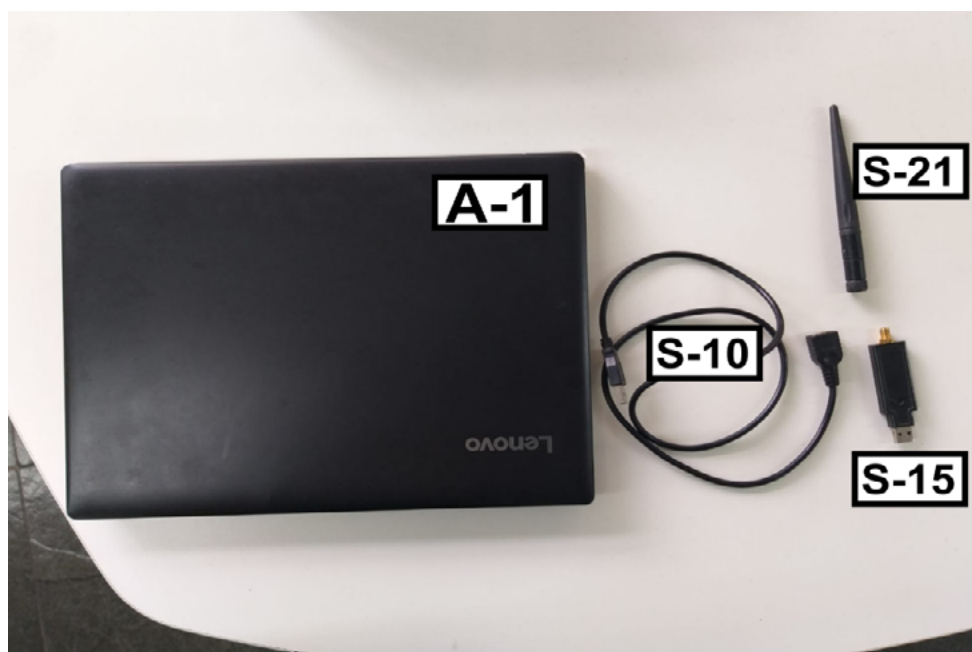


Tabela 4 – Descrição dos itens de montagem do receptor no notebook

Código	Descrição
A-01	Notebook ¹
S-10	Extensor USB (macho/fêmea)
S-15	Adaptador USB/Antena de rádio
S-21	Antena de rádio

Configurações mínimas do notebook, programas e *hardwares* necessários são apresentados no item 3 – Programa de medição.

A montagem do receptor no notebook é feita conectando:

- O Extensor USB (item S-10) ao notebook (item A-01);
- O Adaptador USB/Antena de rádio (item S-15) ao extensor (item S-10); e
- A antena de rádio (item S-21) ao adaptador (item S-15).

Figura 42 – Notebook montado com conexão via rádio



O uso do extensor de conexão USB (item S-10) é obrigatório. A função do item S-10 é preservar a integridade das conexões tanto do notebook quanto do adaptador USB – Rádio (item S-15) durante a medição. Ao conectar diretamente o item S-15 ao notebook, balanços e tremores podem danificar as entradas de conexão USB.

4.2 Montagem da Base RTK

A Base *RTK* é a base que fica acoplada a uma antena GPS em local fixo durante a medição. Para montagem da Base *RTK* são utilizados os itens expostos na Figura 43 e listados na Tabela 5.

Figura 43 – Itens para montagem da base GPS - RTK

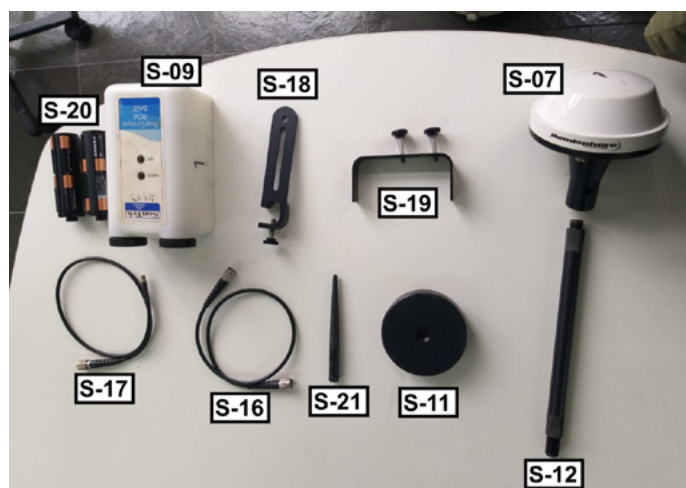


Tabela 5 – Descrição dos itens de montagem da base GPS - *RTK*

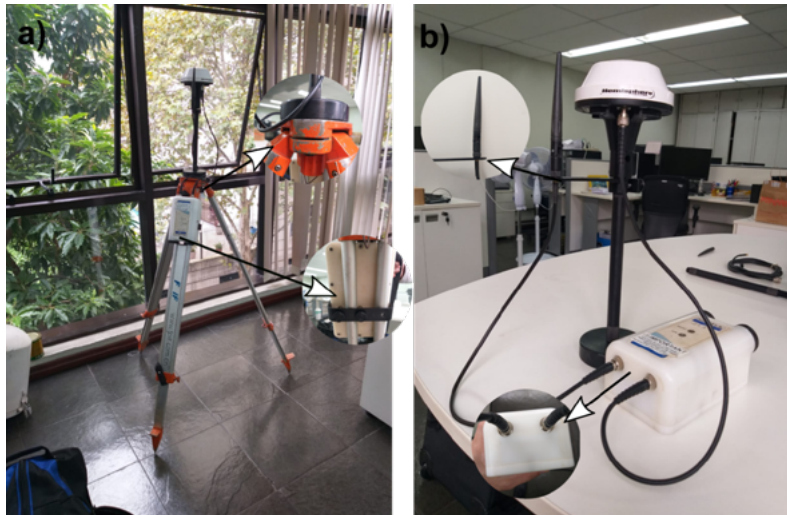
Código	Descrição
S-20	Adaptador de pilhas
S-09	Base <i>RTK</i>
S-17	Cabo de conexão rádio – base
S-16	Cabo de conexão GPS – base
S-18	Suporte da antena de rádio
S-21	Antena de rádio
S-19	Suporte da Base <i>RTK</i>
S-11	Base de apoio e suporte da antena GPS
S-12	Haste de suporte da antena GPS
S-07	Antena GPS

A montagem da Base *RTK* é feita da seguinte forma:

- Inserir o adaptador de pilhas (item S-20) nas entradas da Base *RTK* (item S-09);
- Conectar o cabo de conexão rádio (item S-17) à Base *RTK* (item S-09);
- Conectar o cabo de conexão GPS (item S-16) à Base *RTK* (item S-09);
- Conectar a base de apoio (item S-11) à haste de suporte (item S-12);
- Conectar a haste de suporte (item S-12) à antena GPS (item S-07);
- Conectar o cabo de conexão GPS (item S-16) à antena GPS (item S-07);
- Conectar o suporte para antena da rádio (item S-18) à haste de suporte (item S-12); e
- Conectar a antena de rádio (item S-21), passando pelo suporte da antena de rádio (item S-18), no cabo de conexão rádio (item S-17) (ver detalhe na figura 44).

A Base *RTK* totalmente montada é mostrada na figura 44 em duas situações: utilizando o tripé auxiliar (Figura 44a) ou não utilizando o tripé auxiliar (Figura 44b).

Figura 44 – PCM Base *RTK* montada em (a) utilizando o tripé para apoio do suporte de fixação da base GPS (item S-11) no tripé e em (b) sem a utilização do tripé



Cuidados com as conexões dos cabos: o cabo de conexão GPS-Base (S-16) e o cabo de conexão Rádio-Base (S-17) deve ser manuseado com cuidado e deve ser rosqueado/desrosqueado sendo segurado pela sua extremidade. O mesmo deve ser rosqueado até que o terminal trave e não há necessidade de aplicar força para apertar a conexão.



O uso do tripé para posicionamento da base é opcional. Contudo, cabe salientar que é fundamental que a posição da PCM Base RTK seja mantida constante e com boa exposição durante toda a travessia. Deste modo, o uso do tripé pode ser importante para garantir tanto a boa exposição quanto a fixação da base.

4.3 Montagem do ADP M9 com PCM Rover

O ADP M9 é o componente que permanece em contato com a água, e onde estão os sensores responsáveis pela emissão/recepção dos sinais acústicos e aferição da temperatura da água. A comunicação do ADP M9 com o computador/notebook pode ser feita intermediada pela PCM Rover, que tem ainda a função de fornecer energia para o funcionamento do ADP M9.

Conforme explanado anteriormente, a montagem do transdutor pode ser realizada com a prancha Hydroboard ou utilizando um suporte adaptado ao barco. As duas possibilidades são descritas nos itens a seguir.

4.3.1 ADP M9 acoplado ao Hydroboard

Os itens necessários para montagem do transdutor na *Hydroboard* são mostrados na Figura 45 e na Tabela 6.



Figura 45 – Itens para montagem do ADP M9 acoplado à Hydroboard II



Tabela 6 – Descrição dos itens de montagem do transdutor acoplado à Hydroboard II

Código	Descrição
S-08	PCM Rover
S-20	Adaptador de pilhas (2 unidades)
S-04	ADP M9
S-05	Cabo de comunicação M9/Rover
S-16	Cabo da Antena GPS de 60 cm (PCM Rover)
S-17	Cabo da Antena de Rádio de 60 cm (PCM Rover)
S-12	Haste de suporte da antena GPS
S-07	Antena GPS
S-21	Antena de rádio
S-18	Suporte para antena de rádio
S-06	Suporte ADP da barra da antena GPS

A seguir são descritas as etapas de montagem da PCM Rover. Estas etapas devem ser realizadas com o ADP M9 (item S-04) e a PCM Rover (item S-08) previamente alocados na Hydroboard II. Nesta etapa é importante que o *plug-in* do ADP M9 esteja alinhado com o *plug-in* da PCM Rover, conforme mostrado na Figura 46.

Figura 46 – ADP M9 e PCM Rover acoplados à *Hydroboard II*, detalhe indicando o posicionamento dos *plugs* que recebem o cabo de comunicação M9 – PCM Rover (item S-05)



A montagem do ADP M9 com PCM Rover no *Hydroboard* é feita da seguinte forma:

- a. Inserir o adaptador de pilhas AA (item S-20) nas entradas do PCM Rover (item S-08);
- b. Conectar o Cabo de comunicação M9/Rover (item S-05) ao PCM Rover (item S-08);
- c. Conectar o cabo da antena GPS – PCM Rover (item S-16) ao PCM Rover (item S-08);
- d. Conectar o cabo de antena de rádio – PCM Rover (item S-17) ao PCM Rover (item S-08);
- e. Conectar o ADP M9 (item S-04) ao cabo de comunicação M9/Rover (item S-05);
- f. Conectar a haste GPS (item S-12) ao ADP M9 (item S-04);
- g. Conectar a haste GPS (item S-12) ao suporte para antena de rádio (item S-18);
- h. Conectar a antena GPS (item S-07) à haste GPS (item S-12);
- i. Conectar o cabo da antena GPS – PCM Rover (item S-16) à antena GPS (item S-07); e
- j. Conectar a antena de comunicação via rádio (item S-21), passando pelo suporte da antena de rádio (item S-18), no cabo de conexão rádio (item S-17) (ver detalhe na Figura 47).

Figura 47 – PCM Rover montado indicando detalhes de conexão dos cabos



Cuidados com as conexões dos cabos: o cabo de comunicação M9/Rover (S-05) possui orientação correta para conexão, verifique a guia indicativa do cabo para que o mesmo não seja danificado.



Não esquecer de fechar a trava de fixação do ADP M9 à Hydroboard, após o seu devido posicionamento na prancha. Durante e após a montagem, deve-se ter atenção para que os transdutores não encostem ou arrastem pelo chão ou qualquer outra superfície.

4.3.2 ADP M9 e PCM Rover acoplados em suporte adaptado

Os itens necessários para montagem em suporte adaptado ao barco são mostrados na Figura 48 e na Tabela 7.

Figura 48 – Detalhes do PCM *Rover* montado em suporte customizado para adaptação na lateral de barcos (a) e arranjo conectado ao barco pronto para medição (b)

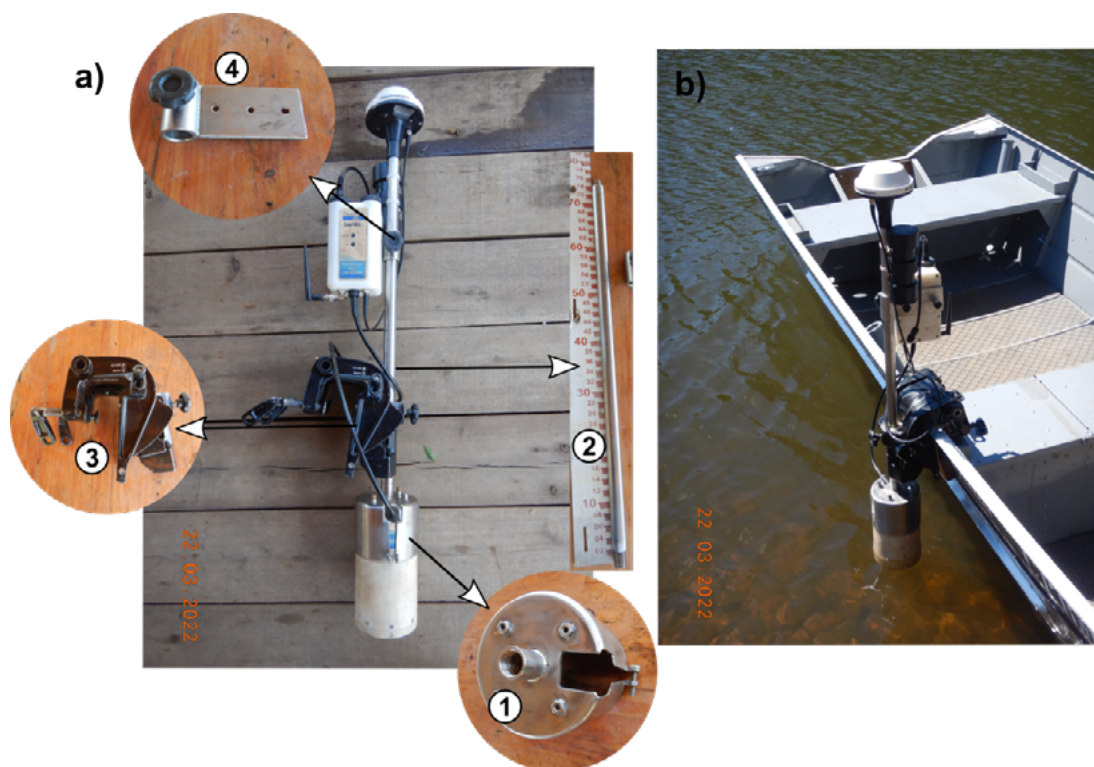
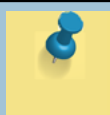


Tabela 7 – Descrição dos itens de montagem do transdutor acoplado em suporte adaptado

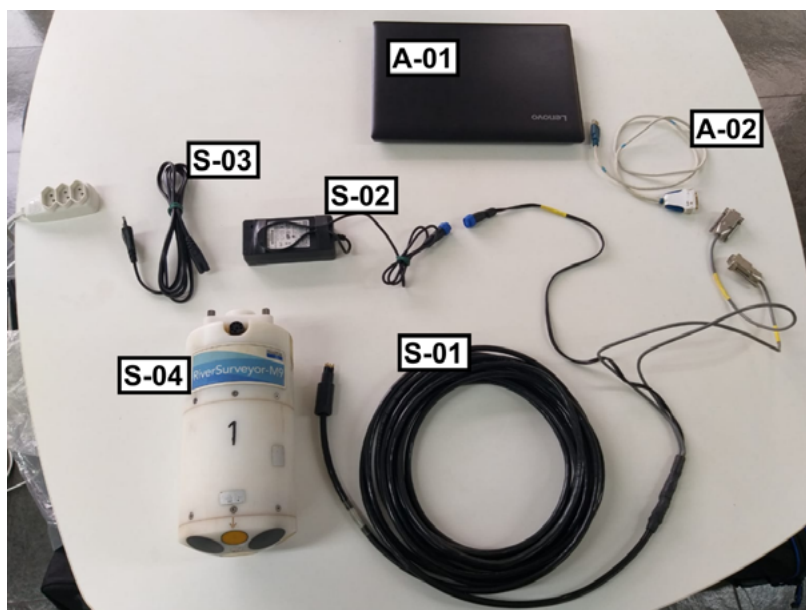
Código	Descrição
1	Suporte para encaixe do transdutor
2	Haste central de regulação de profundidade
3	Suporte para acoplamento haste - barco
4	Suporte para PCM <i>Rover</i>



Destaca-se que os suportes para acoplar o M9 na lateral da embarcação não possuem um padrão de fabricação e são produzidos de acordo com as características da embarcação. Deste modo, o esquema apresentado é uma referência de requisitos mínimos para o desenvolvimento de suportes próprios para cada embarcação.

4.4 Montagem do ADP M9 sem PCM *Rover*

A comunicação entre o ADP M9 e um computador pode ser feita diretamente, via cabo, conectado a uma fonte de energia. Dessa forma, o uso da PCM *Rover* não é necessário. A Figura 49 e a Tabela 8 apresentam os itens necessários para montagem do transdutor conectado à uma fonte de energia.

Figura 49 – Itens para montagem do transdutor sem utilizar a PCM Rover**Tabela 8** – Descrição dos itens de montagem do transdutor sem PCM Rover

Código	Descrição
S-04	ADP M9
S-01	Cabo comunicação e alimentação de 20m
A-02	Cabo serial USB
A-01	Notebook
S-02	Fonte do cabo de comunicação
S-03	Cabo para fonte do cabo de comunicação

A seguir são descritas as etapas de montagem do ADP M9 sem utilizar a PCM Rover.

- Conectar cabo comunicação e alimentação de 20 (item S-01) com o cabo serial USB (item A-02) e a fonte do cabo de comunicação (item S-02);
- Conectar o cabo serial USB (item A-02) ao notebook (item A-01);
- Conectar a fonte do cabo de comunicação (item S-02) ao cabo para fonte do cabo de comunicação (item S-03);
- Conectar o cabo para fonte do cabo de comunicação (item S-03) a uma entrada de energia;
- Conectar o ADP M9 (item S-04) ao cabo comunicação e alimentação (item S-01);



Siga estritamente a ordem indicada nesta orientação. Esta ordem foi concebida com o objetivo de minimizar o risco de choque elétrico durante a montagem e também o risco do equipamento ser afetado por um curto circuito da rede elétrica que alimenta o equipamento.

Figura 50 – Transdutor conectado diretamente à fonte de energia montado



É possível realizar medições de descarga líquida utilizando o transdutor conectado diretamente à fonte de energia. Para tanto é necessário realizar um arranjo utilizando bateria, inversor de corrente e verificar se a tensão de saída da fonte de energia é estável e compatível com o intervalo de trabalho do M9. Porém esse arranjo não oferece a correção de posicionamento RTK, portanto não é possível a utilização de sinal GNSS como referência de trajeto.

Em virtude da complexidade em realizar este tipo de arranjo, que quando desajustado pode comprometer seriamente o equipamento, e considerando que todos os equipamentos utilizados na operação da Rede Hidrometeorológica Nacional dispõem de PCM Rover para alimentação e comunicação, o uso do transdutor conectado diretamente à fonte de energia para medição de descarga líquida só deve ser feito em condições particulares e por profissionais experientes, com conhecimentos em elétrica/eletrônica suficientes para realizar tal arranjo.

5 Comunicação e conexões e armazenamento de dados

Este capítulo apresenta os procedimentos necessários para realizar a comunicação e conexão do *RiverSurveyor* M9 com o notebook. Dois tipos de conexões são possíveis: utilizando a PCM Rover ou sem o uso da PCM Rover (ver item 4 deste documento para mais detalhes a respeito das montagens).

Desde o seu lançamento, o *RiverSurveyor* M9 passou por atualizações importantes no seu módulo de comunicação (PCM). Sendo assim será tratado apenas o módulo de comunicação de segunda geração (PCM2), que é o módulo mais atual do aparelho.

O PCM e a Base RTK utilizam um rádio multiplexador de 2,4 GHz para realizar a comunicação entre computador, Rover e Base. Este rádio possui três modos de potência de transmissão, que podem ser alterados para melhorar o ganho de transmissão (Figura 51). Para baixa potência (10 dBm) o alcance máximo entre a Base e Rover é de aproximadamente 1000m e entre o computador e o Rover é de aproximadamente 450m. Ao utilizar a transmissão com alta potência (22 dBm) o alcance máximo da transmissão entre a Base e o Rover é de 3000 m e entre o computador e o Rover é de 1500 m. Des-

taca-se que os valores indicados são uma referência aproximada de alcance máximo e que o alcance real depende fortemente das condições ambientes.

Figura 51 – Indicação do local para seleção da potência do rádio

Configurações do Sistema

Prof. dos Transdutores (m)

Região Filtrada (m)

Salinidade (ppt)

Declinação Mag. (graus)

Correção de Direção da Bússola do

Alinhamento da Direção do GPS

Deslocamento X da antena do GPS

Deslocamento Y da antena do GPS

Ref. para Trajeto

Ref. para Prof.

Sist. de Coord.

SmartPulseHD™

☐ Correção da Velocidade do Som

Temperatura (graus C) ☐

Vel. do Som (m/s) ☐

Potência do Rádio

☐ Baixa-Potência ☒ Méd. ☐ Alta-Potência

5.1 Descrição dos LEDs

Os três componentes de comunicação do *RiverSurveyor M9* (*Rover*, Base e Adaptador USB/Antena de Rádio) possuem leds coloridos que indicam a condição de funcionamento do sistema e de comunicação entre os componentes. Uma vez que as luzes são coloridas e podem tanto piscar quanto permanecer acesas continuamente, é utilizada a convenção da Figura 52.

Figura 52 – Convenção de símbolos para indicar os diferentes *status* dos leds

	Led aceso continuamente, neste caso, na cor azul
	Led alternando em duas cores, neste caso, amarelo e verde
	Led piscando, neste caso, na cor vermelha

A Figura 53 apresenta a interpretação do código de cores de comunicação e conexão entre o ADP M9 e o *Rover*, entre o *Rover* e a Base RTK e entre o *Rover* e o computador. Alguns exemplos de interpretação da figura:

- Quando o sistema está em inicialização: O led “Radio” do *Rover*, Base, e o led do Adaptador USB/Antena de Rádio piscam na cor roxa. A cor do led “GPS” do *Rover* e da Base não importam neste caso;
- Quando o sistema está procurando por sinal GPS: O led “GPS” do *Rover* e da Base piscam na cor vermelha. A cor dos demais leds não importam para esta interpretação;
- Quando há um erro no sistema: todos os leds ficam acesos na cor vermelha.

Figura 53 – Interpretação do código de cores de conexão e comunicação do o *RiverSurveyor* M9

	USB Radio	PCM Radio	PCM GPS	Base Radio	Base GPS
Inicialização do sistema	 	 	N/A	 	N/A
Rádio em <i>Stand-by</i>	 	 	N/A	 	N/A
Tentando conectar	 	 	N/A	 	N/A
Disponível para conexão	 	 	N/A	 	N/A
Conectado	 	 	N/A	 	N/A
Esperando para parear a conexão	N/A	 	N/A	 	N/A
GPS procurando por satélites	N/A	N/A	 	N/A	 
Qualidade GPS 1 (Base RTK conectada)	N/A	N/A	 	N/A	N/A
Qualidade GPS 1 (Base RTK desconectada)	N/A	N/A	 	N/A	N/A
Qualidade GPS 5 ou 2 (RTK) Qualidade GPS 1 (DGPS)	N/A	N/A	 	N/A	 
Qualidade GPS 4 (RTK) Qualidade GPS 2 (DGPS)	N/A	N/A	 	N/A	 
Erro	 	 	 	 	 

Fonte: Adaptado de Sontek (2017).

5.2 Comunicação ADP-M9 com computador utilizando a PCM Rover

Neste esquema a PCM Rover é utilizada para intermediar a comunicação com o computador e com a Base RTK. Após a montagem do equipamento de acordo com o esquema mostrado no item 4.3, é possível verificar a comunicação entre a PCM Rover e a Base RTK pelos leds do Rover e da Base.

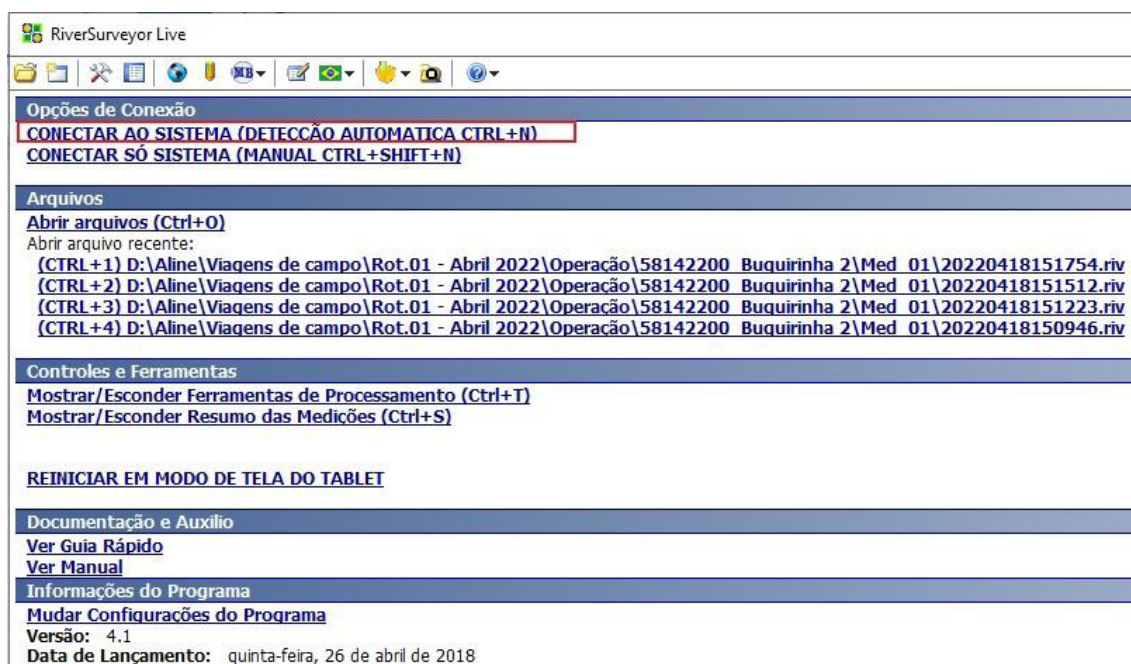
Uma vez efetuada a montagem da PCM Rover, Base RTK e do computador, o River-Surveyor M9 pode demorar algum tempo para estabelecer a conexão entre todos os componentes. Deste modo, mesmo depois de realizada todas as conexões, o River-Surveyor M9 pode permanecer por alguns minutos com os leds indicando inicialização do sistema.

É comum que o cabo de comunicação M9/Rover apresente problemas devido a mau contato. Neste caso, os leds indicam que o rádio está em *stand-by*.

Quando todas as conexões forem realizadas corretamente, então os leds devem indicar que o RiverSurveyor M9 está pronto para conexão. Para realizar a conexão do RiverSurveyor M9 com o computador deve-se executar os seguintes passos:

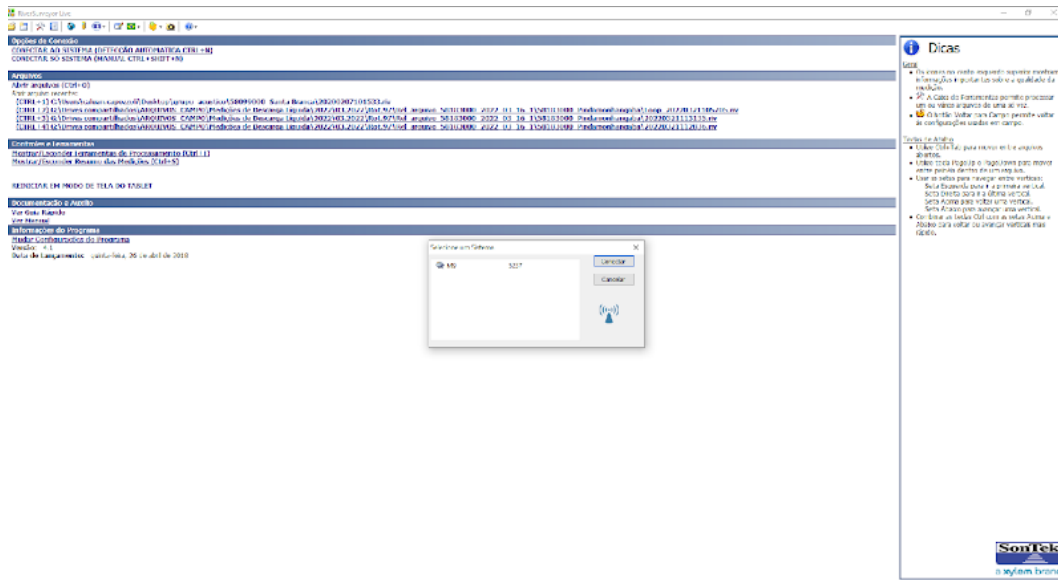
- Abra o programa RiverSurveyor Live;
- Em “**Opções de conexão**” selecione “**Conectar ao Sistema (DETECÇÃO AUTOMÁTICA CTRL + N)**”;

Figura 54 – Opções de conexão



- Será aberta a janela “**Selecione um sistema**” que deverá indicar a existência de um M9 pronto para conexão. Caso haja mais de um aparelho pronto para conexão, a janela irá mostrar todos os equipamentos disponíveis para conexão;

Figura 55 – Tela de seleção do sistema



d. Selecione o M9 que deseja conectar e clique em “**Conectar**”;

Realizando estes passos, os leds do *RiverSurveyor* M9 indicarão que o sistema está conectado.

5.3 Comunicação ADP-M9 com computador sem utilizar PCM Rover

Neste esquema a *PCM Rover* não é utilizada para intermediar a comunicação com o computador. Após a montagem do equipamento de acordo com o esquema mostrado no item 4.4 a conexão com o computador é feita seguindo os mesmos passos do item 5.1.

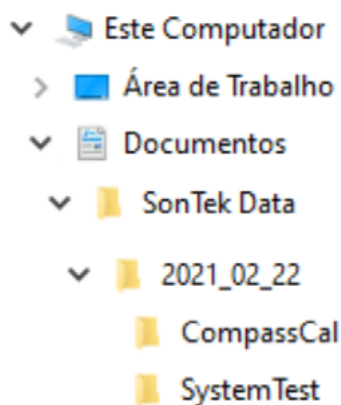
5.4 Comunicação do ADP-M9 com GPS

A comunicação do ADP-M9 com os receptores GPS é feita através da *PCM Rover* e não há opções para que o usuário altere as configurações de comunicação com o GPS.

A condição da comunicação GPS, bem como a situação da qualidade do sinal GPS pode ser verificada observando os leds do GPS. A interpretação do código de cores de comunicação e conexão com o GPS foi mostrada anteriormente na Figura 53.

5.5 Armazenamento de dados

Quando o *RiverSurveyor Live* é instalado no computador, automaticamente é criada a pasta “SonTek Data” no diretório de documentos do computador (C:\Users\nome.do.usuario\Documents\SonTek Data - Figura 56).

Figura 56 – Localização do diretório Sontek Data

Ao executar um dos seguintes comandos:

- Teste de sistema;
- Calibração da bússola;
- Iniciar medição;
- Iniciar teste de fundo móvel (*Loop* ou Estacionário);
- Beam Check;

Será criada, dentro da pasta Sontek Data, uma pasta com a data atual (conforme a data do *Windows*) no formato AAAA_MM_DD, caso esta pasta não exista. Nesta pasta serão armazenados os arquivos relacionados aos comandos supracitados. Ao executar uma medição de descarga líquida ou teste de fundo móvel, são gerados arquivos no formato .rivr que são salvos automaticamente na pasta do dia. Será gerado um arquivo .rivr para cada travessia de medição, um para cada teste de fundo móvel *Loop* e um para cada vertical de teste de fundo móvel estacionário.

O arquivo .rivr é alimentado instantaneamente à medida que são coletadas amostras verticais ao longo da travessia ou teste de fundo móvel. Uma vez concluída a travessia ou teste de fundo móvel, é gerado ainda um arquivo .mat.

Os arquivos de travessia seguem os seguintes padrões de formatação **AAAAMMD-Dhhmmssr.rivr** e **AAAAMMDDhhmmssr.mat**.

Exemplo:

Os arquivos 20220831104307r.rivr e 20220831104307r.mat se referem a uma travessia realizada no dia 31/08/2022 às 10h:43m:07s, em que o primeiro arquivo foi gerado e alimentado à medida que a travessia foi executada, enquanto que o segundo foi gerado quando a travessia foi finalizada.

Os arquivos de *Loop* seguem os seguintes padrões de formatação **Loop_AAAAMMD-Dhhmmssr.rivr** e **Loop_AAAAMMDDhhmmssr.mat**.

Exemplo:

Os arquivos *Loop_20220831111154r.rivr* e *Loop_20220831111154r.mat* se referem a um teste pelo método *Loop* realizado no dia 31/08/2022 às 11h:11m:54s, em que o primeiro arquivo foi gerado e alimentado à medida que o teste foi executado, enquanto que o segundo arquivo foi gerado quando o teste foi finalizado.

Os arquivos de teste estacionário seguem padrão semelhante de formatação *Smba_AAAAMMDDhhmmssr.rivr* e *Smba_AAAAMMDDhhmmssr.mat*.

Exemplo:

Os arquivos *Smba_20180325143745r.rivr* e *Smba_20180325143745r.mat* se referem a um teste pelo método estacionário realizado no dia 25/03/2018 às 14h:37m:45s, em que o primeiro arquivo foi gerado e alimentado à medida que o teste foi executado, enquanto que o segundo arquivo foi gerado quando o teste foi finalizado. Destaca-se que os arquivos são criados para cada vertical, ou seja, em um teste estacionário com três verticais, haverá três pares de arquivos.

Para o caso do teste de sistema e da calibração da bússola, os arquivos são armazenados nas pastas nomeadas “SystemTest” e “CompassCal”, respectivamente. Os arquivos de teste de sistema e de calibração da bússola seguem os seguintes padrões de nomenclatura:

Teste de sistema: SystemTest**AAAAMMDDhhmmss**.txt

Exemplo:

O arquivo *SystemTest20210222085421.txt* se refere a um teste de sistema realizado na data de 22/02/2021 às 08h:54m:21s.

Calibração da bússola: **AAAA.MM.DD_hh.mm.ss_snNºdeSérie**.ccal

Exemplo:

O arquivo *2021.02.22_09.12.11_sn5215.ccal* se refere a uma calibração de bússola realizada na data de 22/02/2021 às 09h:12m:11s com o *RiverSurveyor M9* cujo n de série é 5215.

6 Medição de descarga líquida

O objetivo deste capítulo é apresentar de forma concisa os passos necessários para realização da medição de descarga líquida com o *RiverSurveyor M9* utilizando o programa *RiverSurveyor Live*.

Embora sejam apresentados neste capítulo os principais critérios de qualidade da medição específicos do *RiverSurveyor M9*, a leitura deste capítulo deve, necessariamente, ser complementada com a leitura do documento principal “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico (ADCP)” que

apresenta a fundamentação teórica necessária para tomada de decisão nas situações não explicitadas neste capítulo.

O procedimento de medição de descarga líquida com equipamento acústico é composto por três etapas. A primeira, aqui denominada de pré-medição, consiste na identificação dos dados, na realização dos testes do equipamento, calibração da bússola e verificação da existência da condição de fundo móvel.

A segunda etapa é definida pela coleta dos dados (travessias) que são utilizados para o cálculo da vazão e a terceira e última etapa consiste no pós-processamento e avaliação dos dados coletados.

Abaixo são descritas todas as etapas para realização da medição.

6.1 Pré-medição

6.1.1 Seleção do local

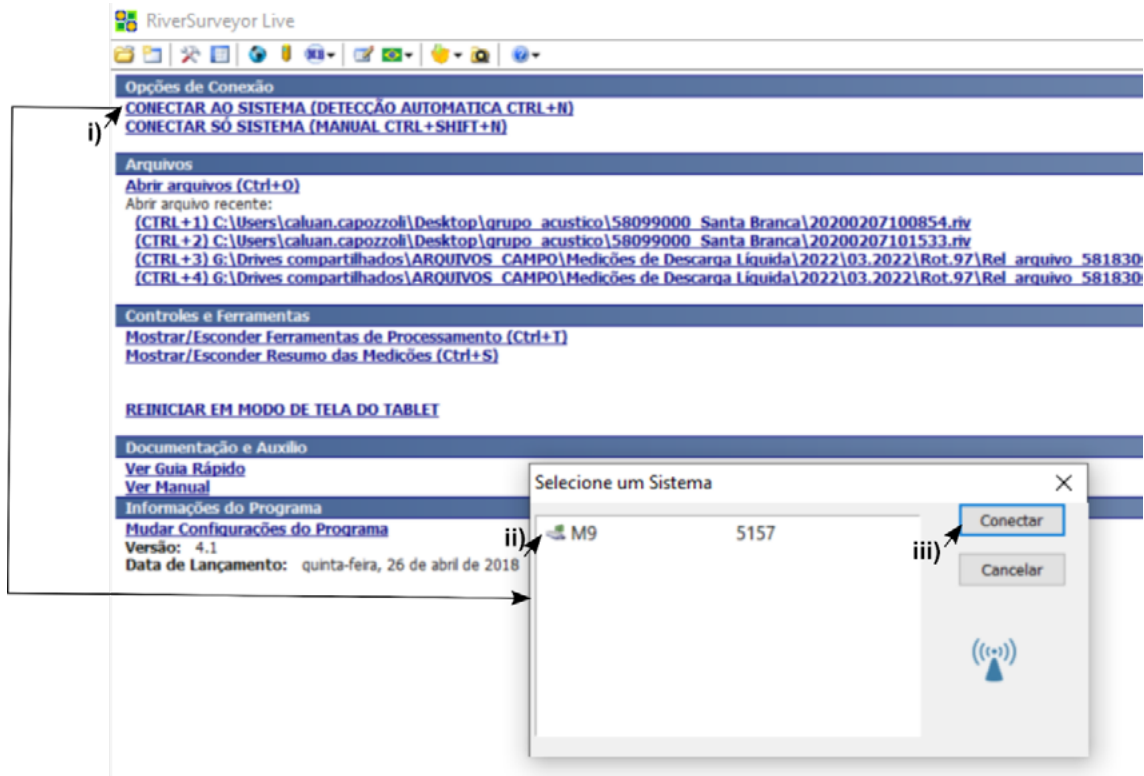
Na operação da RHN, a recomendação é que a medição seja realizada no mesmo local da seção de réguas. Porém, se este não for o melhor lugar para a realização da coleta de dados, a medição poderá ser realizada em outro local, desde que o profissional de campo avalie a situação tendo em vista as recomendações do item 5.1.1 do documento “Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilados Acústico Doppler (ADCP)”.

6.1.2 Iniciar a comunicação

Esse item consiste na configuração e identificação do dado que será coletado. Para isso, deve-se primeiramente realizar a montagem do *RiverSurveyor* M9 conforme descrito no capítulo 4 deste manual e seguir os seguintes passos:

- Em “**Opções de conexão**” selecione “**Conectar ao Sistema (DETECÇÃO AUTOMÁTICA CTRL + N)**”. Será aberta a janela “**Selecione um sistema**” que deverá indicar a existência de um M9 pronto para conexão. Caso haja mais de um aparelho pronto para conexão, a janela irá mostrar todos os equipamentos disponíveis para conexão;
- Selecione o equipamento que será conectado e clique no botão “**Conectar**”

Realizando estes passos, os leds do *RiverSurveyor* M9 indicarão que o sistema está conectado. O capítulo 5 deste manual apresenta mais detalhes a respeito da interpretação das indicações dos leds do equipamento.

Figura 57 – Sequência para conexão do *RiverSurveyor Live* com o *RiverSurveyor M9*

6.1.3 Identificação e configuração da medição

Realizada a conexão do computador com o *RiverSurveyor M9*, o programa *RiverSurveyor Live* exibirá a aba *Smart Page*, Figura 58. Esta aba deverá ser preenchida seguindo a sequência em que os itens estão apresentados de cima para baixo. O preenchimento da *Smart Page* contempla, além do preenchimento de informações da estação e de configuração do equipamento, a execução do teste de sistema e a calibração da bússola.

Figura 58 – Aba *Smart Page* com as indicações de seus principais elementos

A Tabela 9 resume as orientações para o preenchimento da *Smart Page*. Recomenda-se a leitura do capítulo 3 deste manual, que detalha todos os itens que compõem a *Smart Page*.

Tabela 9 - Orientações gerais para o preenchimento da *Smart Page*

Campo	Preenchimento	Observações
Config. Unidades	Métrica	Sistema de unidades oficial do Brasil
Atualizar relógio	Utilizar sempre a hora oficial de Brasília (GMT-3), mesmo em regiões com outro fuso ou que adotem horário de verão	Ver capítulo 3 para mais detalhes
Testar sistema	Teste válido (Resultado: sistema está operando normalmente)	Realizar o teste de medição próximo do local de medição
	Toda medição deve conter ao menos um teste de sistema válido realizado antes da medição	Realizar o teste com o equipamento na condição de medição
		Ver capítulo 3 para mais detalhes
Nome do Local	Preencher com o nome da estação conforme consta no inventário	
Código da seção	Preencher com o código da estação definido pela ANA, de acordo com o inventário	
Localização	Indicar distância (metros) da seção de medição em relação à seção de réguas	Ver capítulo 3 deste manual e item 5.1 do manual geral
Participantes	Nome dos integrantes da equipe que está executando a medição	
Barco/Motor	Indicar o arranjo de medição (barco com cabo, polia, motor etc)	Ver capítulo 6 do manual geral
Nº da medição	Número da medição na série histórica (facultativo)	
Comentários	Observações sobre condições locais que possam afetar a medição	Ver item 5.2 do manual geral
Fonte dos dados de Direção	Equipamento reconhece e preenche automaticamente (não alterar)	
GPS Conectado	Equipamento reconhece e preenche automaticamente (não alterar)	
Método de medição	Equipamento reconhece e preenche automaticamente (não alterar)	
Calibração da bússola	Resultado da calibração da bússola: "Calibração com sucesso" Erro de posicionamento < 0.2 deg	Ver capítulo 3 deste manual e capítulo 5 do manual geral
Prof. dos Transdutores (m)	Profundidade do transdutor é distância (em metros) entre a face do transdutor do feixe vertical e o nível d' água	Ver item 3.5 do manual geral e capítulo 3

Campo	Preenchimento	Observações
Região Filtrada (m)	Indicar o valor da profundidade do transdutor +0,16m	Ver item 3.5 do manual geral e capítulo 3
Salinidade (ppt)	Se necessário, preencher	Ver item 5.1 do manual geral
Declinação magnética (graus)	Indicar valor da declinação magnética do local de medição	Ver capítulo 3 deste manual
Deslocamento X da antena GPS (m)	Preencher com valor determinado ou manter 0,0	Ver capítulo 3 deste manual
Deslocamento Y da antena GPS (m)	Preencher com valor determinado ou manter 0,0	Ver capítulo 3 deste manual
Ref. para trajeto	Indicar a referência primária de trajeto, conforme as condições de medição	Ver capítulo 3 deste manual e capítulo 5 do manual geral
Ref. para prof.	Indicar a referência primária de profundidade, recomenda-se o uso do <i>Bottom Track</i> quando não houver fundo móvel	Ver capítulo 3 deste manual
Sist. de coord.	Indicar o sistema de referência que será utilizado, em geral, ENU	Ver capítulo 3 deste manual
<i>SmartPulse</i> HD	Ativado	Ver capítulo 3 deste manual
Potência do Rádio	Ajustar a potência de acordo com a distância máxima entre o <i>Rover</i> e a Base e entre o <i>Rover</i> e computador	Ver capítulo 5 deste manual
Trajeto composto	Desativado	Ver capítulo 3 deste manual
Dist. Marg. Esq. (m)	Indicar a distância entre o ponto de início/fim da travessia e a margem	Ver capítulo 3 deste manual
Dist. Marg. Dir. (m)	Indicar a distância entre o ponto de início/fim da travessia e a margem	
Método Margem Esq.	Indicar o tipo de geometria da margem	
Método Margem Dir.	Indicar o tipo de geometria da margem	
Margem Inicial	Indicar em qual margem a travessia será iniciada	
Configurações de extrapolação de perfil	Manter o default (posterior a medição poderá ser alterado)	



Atenção ao utilizar o GPS como referência primária:

Eventualmente, o programa pode alternar entre o ícone azul *RTK* e o verde *DIF* enquanto o GPS está determinando o ponto fixo. O ícone ficará azul continuamente quando o ponto fixo for definido.

Deste modo, é importante que o usuário aguarde para que o GPS determine o ponto fixo que permitirá que a referência de trajeto seja determinada com correção em tempo real utilizando o GPS *RTK*.

6.1.4 Teste de fundo móvel

Conforme estabelecido no documento “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico”, toda medição de vazão deve ter um teste de fundo móvel associado e realizado preferencialmente antes da medição de descarga líquida.

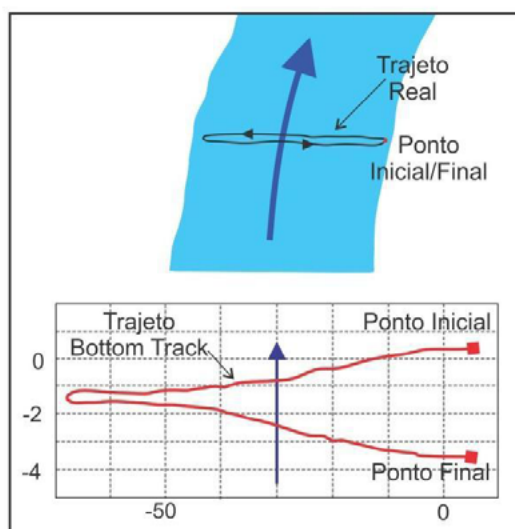
O *RiverSurveyor Live* permite a realização do teste de fundo móvel de duas formas: pelo método do *Loop* e pelo método Estacionário. É recomendado que sempre que as condições permitirem, seja priorizada a realização do método do *Loop*, pois a correção da vazão medida por este é mais representativa quando comparada com o método estacionário.

Quando o resultado dos testes detectarem a ocorrência de fundo móvel, é recomendado usar o GNSS (GGA/VTG) como referência de trajeto para o cálculo da vazão.

Método Loop

O método do *Loop* tem como base o entendimento de que um ADCP, ao realizar uma travessia de ida e volta, saindo e retornando para um mesmo ponto, em uma seção transversal com fundo móvel, apresentará distorções no trajeto da embarcação, pois o fundo móvel faz com que a navegação por *Bottom Track* indique que o equipamento retornou para um ponto a montante do ponto inicial (SGB/CPRM e ANA, 2025).

Figura 59 – Esquema com trajeto real da embarcação e trajeto indicado pelo *Bottom Track* durante a execução do *Loop*



A velocidade de fundo móvel é calculada pela distância entre os pontos inicial e final do *Loop* (erro de fechamento do *Loop*) dividida pelo tempo de execução do teste.

Na tabela abaixo são definidas as condições e requisitos para realização do teste de *Loop*. Para maior detalhamento e compreensão do método e suas limitações, consulte o documento “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico”.

Tabela 10 – Especificação do teste de *Loop*

Método de detecção de fundo móvel	Condições	Limiar de detecção	Duração mínima do teste
<i>Loop</i>	- Início e final exatamente na mesma posição - Orientação precisa da bússola - Velocidade média da água > 0,24 m/s - Velocidade do barco constante	Velocidade do fundo móvel >0,012 m/s e >1% da velocidade média da água	3 min (180 s)
<i>Loop</i> em rios com largura superior a 55 metros	- Início e final exatamente na mesma posição - Orientação precisa da bússola - Velocidade média da água > 0,24 m/s - Velocidade do barco menor que 0,7 m/s	Velocidade do fundo móvel >0,012 m/s e >1% da velocidade média da água	Determinada pela velocidade do barco, que deve ser menor que 0,7 m/s
<i>Loop</i> em rios da Bacia Amazônica	- Início e final exatamente na mesma posição - Orientação precisa da bússola - Velocidade média da água > 0,24 m/s	Velocidade do fundo móvel >0,012 m/s e >1% da velocidade média da água	Não há

Fonte: SGB/CPRM e ANA, 2025

Para realizar o teste é necessário identificar fisicamente (Boia, estaca, etc.) o ponto de início e fim da coleta de dados. No *RiverSurveyor Live*, é necessário seguir os seguintes passos (Figura 60):

- i) Selecionar a aba **SISTEMA**;
- ii) Selecionar **MÉTODO LOOP**;
- iii) Na aba Método *Loop*, clicar em **INICIAR** quando o barco estiver pronto para iniciar o *Loop*;
- iv) O *Loop* deverá ser realizado percorrendo toda a seção transversal, com velocidade constante e se possível, abaixo da velocidade da água e retornar ao ponto de início. Ao retornar ao ponto de início, clicar em **TERMINAR**;
- v) Uma janela apresentando os resultados do *Loop* e na parte de baixo da janela é apresentada a avaliação do teste e, se o resultado do teste for válido, é possível ir para etapa de medição clicando em **INICIAR MARGEM**.



Caso o teste de fundo móvel indique problemas de execução do teste (retorno a jusante do ponto de início ou número excessivo de verticais perdidas) deve-se repetir o teste de *Loop* para obtenção de um resultado válido.

Figura 60 – Sequência de comandos para realização do teste de fundo móvel pelo Método *Loop*

The screenshot displays the Riversurveyor Live software interface. The 'Memória' panel lists files with columns for 'Nome', 'Data', and 'Tamanho'. The 'Utilidades' panel shows options: 'BeamCheck', 'Opção SonTek GPS', 'Método Loop', 'Teste Estacionário de Fundo Móvel', and 'Manual Configuration'. The 'Método Loop' panel shows a graph of the test results. The 'Método Loop' dialog box is open, showing various parameters and a 'Fechar' button.

i) Ligar Sistema [F5]

ii) Método Loop

iii) Iniciar

iv) Terminar

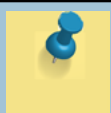
v) Método Loop

DMG (m): 2.21
 Tempo do Loop (s): 426
 Vel. do Fundo Móvel (m/s): 0.01
 Vel. da água (m/s): 0.97
 Direção do Fundo Móvel (°): 300.84
 Direção do Fluxo (°): 65.13
 Est. Percent. Corrigida (%): 0.00
 Porcentagem de BT Ruim (%): 1.18

Diferença na direção do fluxo entre ida e volta: 1.2 graus.

Velocidade do fundo móvel (VFM) menor que Critério Mínimo VFM -- nenhuma correção é necessária com relação a isso, mas verifique se existem outros erros.

Fechar



Resultado do teste de *Loop*: Há ocorrência de fundo móvel quando a velocidade de fundo móvel (*Moving Bed Velocity*) é maior que 0,012 m/s e maior do que 1% da velocidade da água (*Water Velocity*).



Nos casos em que o teste identificar a ocorrência de fundo móvel, o cálculo da vazão deve ser realizado usando a referência de trajeto GNSS (GGA/VTG);

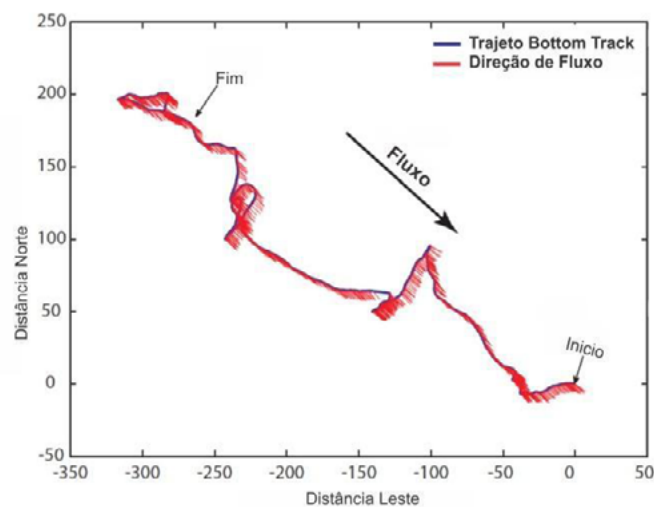
Na impossibilidade de usar a referência GNSS, seja por sua indisponibilidade ou pela má qualidade do dado coletado, a vazão calculada com a referência *Bottom Track* deve ser corrigida com o resultado do teste de Loop. A vazão calculada será corrigida automaticamente pelo programa de medição

Método estacionário

Caso as características hidrológicas do local de medição não atendam as condições para realização do método *Loop* (Tabela 10), recomenda-se que o teste de fundo móvel seja feito pelo método estacionário.

Nesse método, a embarcação permanece parada em um determinado local da seção enquanto coleta verticais. Caso o *Bottom Track* indique que a embarcação está se deslocando para montante durante a coleta das verticais, significa que o *Bottom Track* está detectando o fundo móvel naquele local (Figura 61).

Figura 61 - Esquema indicando o trajeto realizado pelo *Bottom Track* na condição de fundo móvel, enquanto a embarcação permanece estática no mesmo local.



Fonte: SGB/CPRM e ANA (2023).

Para realizar o teste estacionário é necessário atender as seguintes recomendações:

- O teste estacionário deve ser realizado no ponto da seção de medição onde há maior potencial para a ocorrência de fundo móvel, que é definido onde tem o maior produto velocidade x profundidade;
- Caso o profissional de campo não conheça a seção de medição, é recomendado realizar uma travessia exploratória para definição do local do teste;

- Se o resultado do teste neste primeiro local indicar a ocorrência de fundo móvel, o teste deverá ser realizado em pelo menos mais duas verticais distribuídas ao longo da seção.

É indicado realizar o teste estacionário com o barco fixo (ancorado, a cabo, etc). Caso as condições hidrológicas (profundidade e velocidade da água) ou de tráfego de embarcações não permitam manter a embarcação fixa, o teste ainda poderá ser realizado, desde que tenha um receptor GNSS disponível ou que o dado seja coletado por um período mais longo (10 minutos).

Os critérios para realização de cada tipos e teste estacionário estão descritos no quadro abaixo (Tabela 11). Para maior detalhamento e compreensão do método e suas limitações, consulte o documento “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico”.

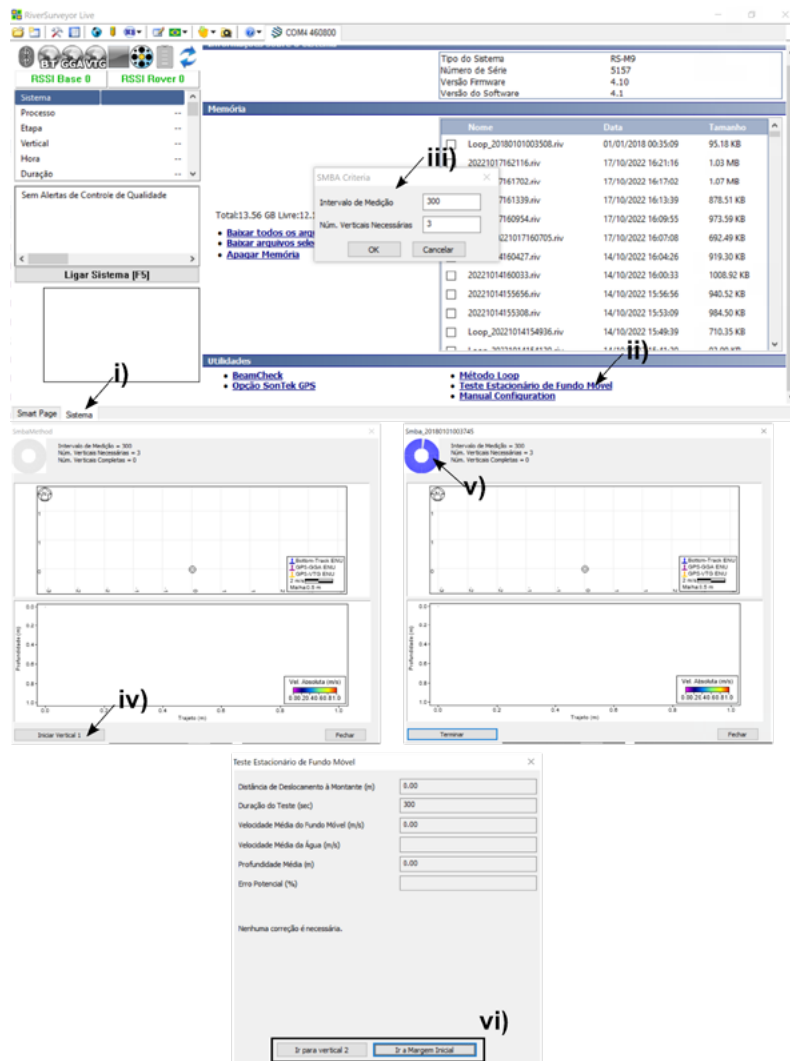
Tabela 11 – Especificação do teste estacionário

Método de detecção de fundo móvel	Condições	Limiar de detecção	Duração mínima do teste
Estacionário com GNSS ou embarcação fixa	ADCP com receptor GNSS ou embarcação ancorada/fixada com mínima movimentação	Velocidade do fundo móvel >1% da velocidade média da água	5 min (300 s)
Estacionário sem GNSS ou embarcação fixa	Barco tripulado sem âncora ou GNSS	Velocidade do fundo móvel >2% da velocidade média da água	10 min (600 s)

Para realização do teste estacionário deve se seguir os seguintes passos no River Surveyor Live (Figura 62):

- Selecionar a aba **SISTEMA**;
- Selecionar **TESTE ESTACIONÁRIO DE FUNDO MÓVEL**;
- Será aberta a janela “*SMBA Criteria*” que apresenta os campos **INTERVALO DE MEDIÇÃO** (Default 300 segundos) e **NUM. VERTICAIS NECESSÁRIAS** (Default de 3 verticais). O intervalo de medição deve ser definido de acordo com a tabela anterior e o número de verticais deve ser mantido em três. Após o preenchimento dos campos, clicar em **OK**;
- Posicione a embarcação no local indicado para iniciar o teste e clique em **INICIAR VERTICAL 1**;
- Então começará a ser contabilizado o intervalo de medição definido. Uma vez completado o tempo do intervalo de medição, a coleta do teste na vertical finaliza automaticamente. O tempo decorrido pode ser acompanhado pelo cronômetro gráfico na parte superior esquerda da janela;

Figura 62 – Sequência de comandos para realização do teste de fundo móvel pelo Método Estacionário.



vi) Será apresentada uma janela com o resultado do teste estacionário e, de acordo com o resultado, deve ser indicado se:

- Será necessário continuar a coleta de verticais clicando em **IR PARA VERTICAL 2**, ou;
- Se a coleta de verticais será encerrada e medição iniciada clicando em **IR A MARGEM INICIAL**.



Caso o resultado do teste indique a ocorrência de fundo móvel, a vazão deve ser calculada seguindo a ordem de prioridade abaixo:

- 1 - Usar a referência de trajeto GNSS (GGA/VTG);
- 2 - Na inexistência do GNSS ou quando os dados do mesmo estiverem com má qualidade, a vazão medida pela referência BT deve ser corrigida com o resultado dos testes estacionários

O profissional de campo, com conhecimento das características físicas e de escoamento da seção, deve definir o número necessário de verticais que serão utilizadas para correção da vazão, desde que o mínimo seja de três.

6.2 Medição

A medição de descarga líquida consiste na coleta de dados com ADCP realizando travessias de uma margem a outra do rio, com trajeto perpendicular ao fluxo da água.

O documento “Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)”, define os principais requisitos que devem ser observados para realizar uma boa medição de vazão (Tabela 12).

Tabela 12 – Principais requisitos para obtenção de uma medição de vazão válida

Requisito	Critério
Percentual de vazão medida	No mínimo 50% da vazão total
Número de travessias	Sempre em pares (no mínimo, um par consecutivo de travessias)
Duração da medição	Mínimo de 720 segundos
Extrapolação de vazão em cada margem	No máximo 5% da vazão total
Número de verticais válidas na margem	Ao menos 10 verticais com pelo menos duas células válidas
Velocidade do barco durante a travessia	Constante, preferencialmente menor que a da água, realizando movimentos de aceleração e desaceleração suaves



O percentual medido não deve ser analisado de forma restritiva, pois mesmo valores abaixo de 50% podem apresentar bons resultados. Ele deve ser usado como referência para avaliar se o equipamento está adequado para as condições físicas e de fluxo encontradas no local de medição;

A medição é composta de pares de travessias, para eliminar a influência de viés direcional da bússola;

O tempo mínimo de duração de uma medição é de 12 minutos de travessias consecutivas, que corresponde ao tempo mínimo de exposição necessário para que as variações aleatórias sejam minimizadas (OBERG; MUELLER, 2007).

O tempo mínimo se refere ao tempo total de exposição do ADCP coletando amostras durante uma travessia e não inclui o tempo realizando outras tarefas, tais como testes de fundo móvel, calibração de bússola (SGB/CPRM e ANA, 2025);

Para a estimativa de margens, é necessária a coleta de pelo menos 10 verticais com no mínimo 2 células válidas. São necessárias no mínimo duas células, para que a velocidade medida seja mais representativa, uma vez que ela será usada para a estimativa da vazão da área não medida na margem;

A seguir são descritos todos os passos para a realização das travessias e coleta de dados para o cálculo da vazão.

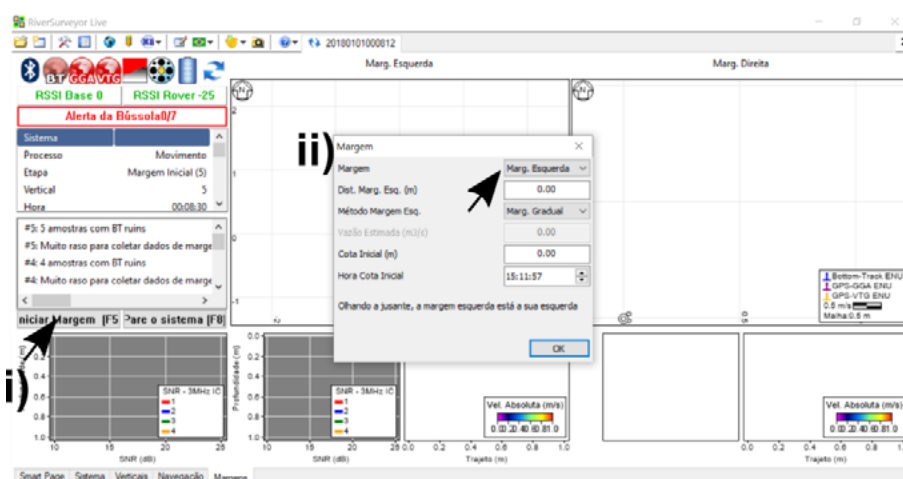
A etapa da medição de descarga líquida pode ser iniciada ao final do teste de fundo móvel (*Loop* ou estacionário) selecionando **INICIAR MARGEM** no final do teste, ou pode ser iniciada clicando em **INICIAR MEDIÇÃO** no final da *Smart Page* ou ainda clicando no botão **LIGAR SISTEMA**.

Posicione o equipamento na margem, no ponto inicial onde será realizada a travessia. Verifique se neste ponto há profundidade suficiente para a coleta de pelo menos duas células válidas.

Uma vez aberta a tela de medição por qualquer uma das opções apresentadas, os seguintes passos devem ser realizados:

- i) Clicar no botão **INICIAR MARGEM**;
- ii) Será exibida a tela com as informações de margem na qual deve ser indicada a margem inicial da travessia, a distância entre o ponto de início da travessia e a margem e a cota inicial da travessia e em seguida selecionar **OK**;

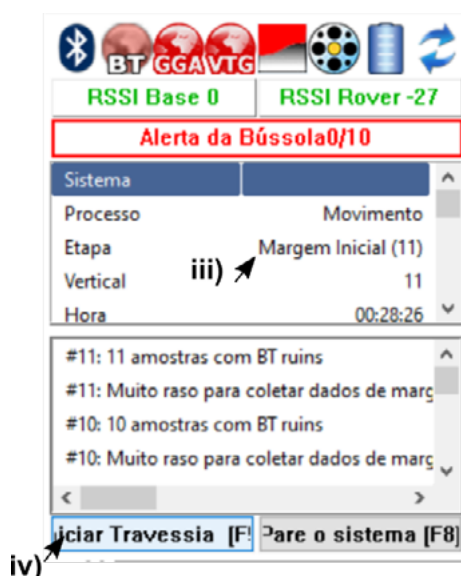
Figura 63 – Sequência de comandos para configuração e perfilamento da margem inicial.



iii) Ao configurar a margem, a etapa irá indicar “Margem Inicial” e o número entre parênteses representa a quantidade de verticais coletadas que será utilizada para extrapolação de margem. Aguardar a coleta de ao menos 10 verticais na margem (Figura 64);

iv) Após a coleta de ao menos de 10 verticais de margem, clicar em **INICIAR TRAVESSIA**;

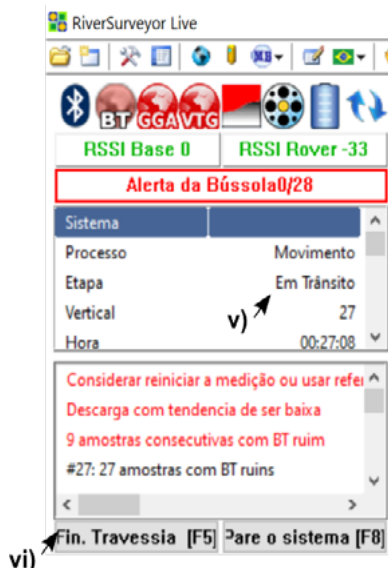
Figura 64 – Sequência de comandos para finalizar o perfilamento da margem inicial e iniciar a travessia



v) Uma vez iniciada a travessia, a etapa indicará “Em Trânsito” e o barco deve ser deslocado até a outra margem do rio, mantendo velocidade constante e preferencialmente menor que a velocidade da água (Figura 65);

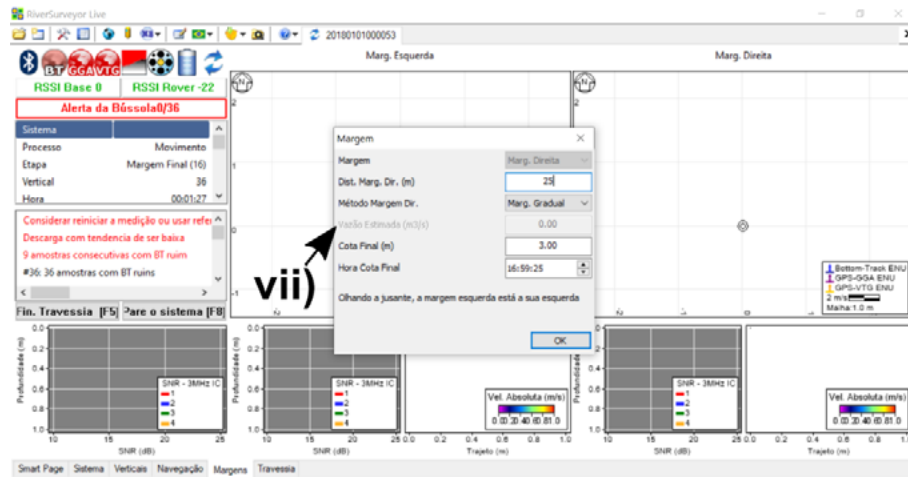
vi) Ao chegar no ponto final da margem oposta, posicione o equipamento/embarcação o mais paralelo a margem até a parada total, observando se há pelo menos duas células válidas. Clicar no botão **FIN. TRAVESSIA**;

Figura 65 – Sequência de comandos para finalizar a travessia



vii) Após finalizar a travessia, será exibida a tela com as informações de margem que indica automaticamente margem final da travessia (oposta à inicial), a distância entre o ponto de fim da travessia e a margem e a cota no final da travessia e em seguida selecionar **OK** (Figura 66);

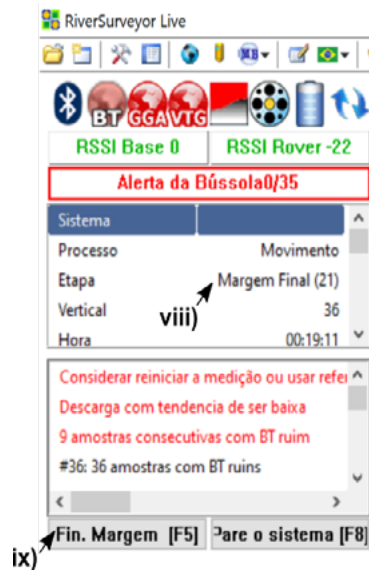
Figura 66 – Sequência de comandos para configuração e perfilamento da margem final



vii) Ao configurar a margem, a etapa irá indicar “Margem Final” e o número entre parênteses representa a quantidade de verticais coletadas que será utilizada para extrapolação de margem. Aguardar a coleta de ao menos 10 verticais na margem (Figura 67);

ix) Após a coleta de ao menos de 10 verticais de margem, clicar em **FIN. MARGEM.**

Figura 67 – Sequência de comandos para finalizar o perfilamento da margem final



É necessário que a distância da margem seja medida com equipamento (distanciômetros ou trenas a laser) com precisão de pelo menos 2% da distância da margem. Deste modo, para uma distância da margem de 10 m o instrumento utilizado deve ter precisão de pelo menos 0,2 m (SGB/CPRM e ANA, 2025)

Finalizada a margem, o programa retorna para tela de início da travessia, já considerando que o início se dará na margem oposta à travessia anterior e as distâncias de margem e cota ficam preenchidos com os valores adotados inicialmente e podem ser alterados pelo usuário.

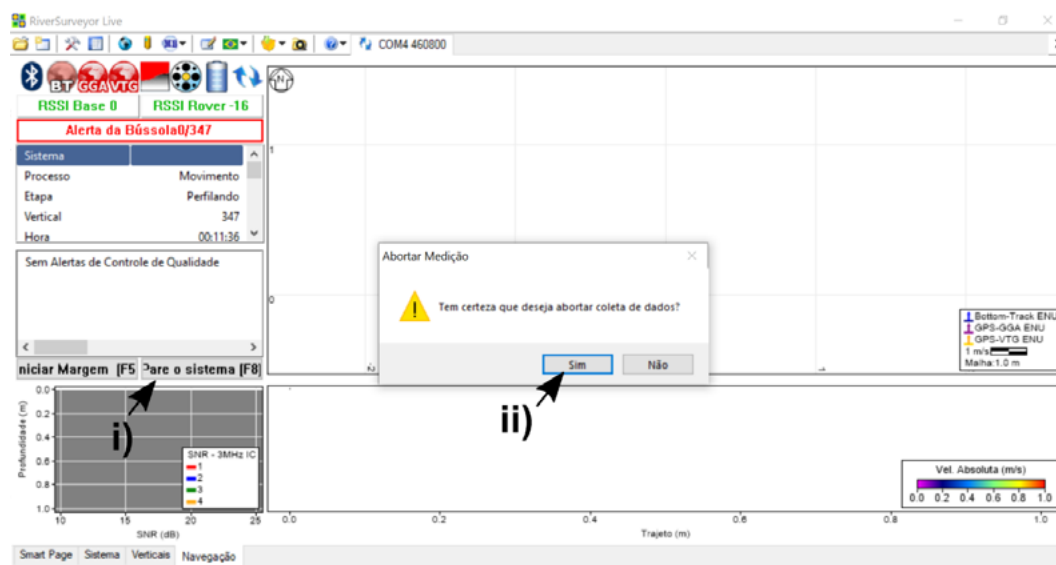


Caso haja algum problema durante a coleta da travessia e a mesma for abortada, é necessário ter atenção se a margem de início está correta.

Após a finalização da última travessia, deve-se realizar os seguintes passos para interromper a coleta de dados pelo equipamento:

- i) Clicar no botão **PARAR SISTEMA**;
- ii) Na tela “Abortar Medição” clique em **OK**;

Figura 68 – Sequência de comandos para finalizar a coleta de dados



O *RiverSurveyor Live* permite verificar diversas informações durante a coleta de dados. Algumas delas fazem parte das abas de trabalho do programa e estão descritas no item 3 deste manual.

6.3 Pós-processamento da medição

A última etapa de uma medição de descarga líquida de qualidade é a análise dos dados coletados pelo medidor acústico e o cálculo da vazão a partir dos dados coletados. A análise deve ser realizada em campo, no local da medição, de modo a permitir a detecção de eventuais falhas que poderão ser corrigidas, inclusive realizando mais travessias ou uma nova medição de descarga líquida.

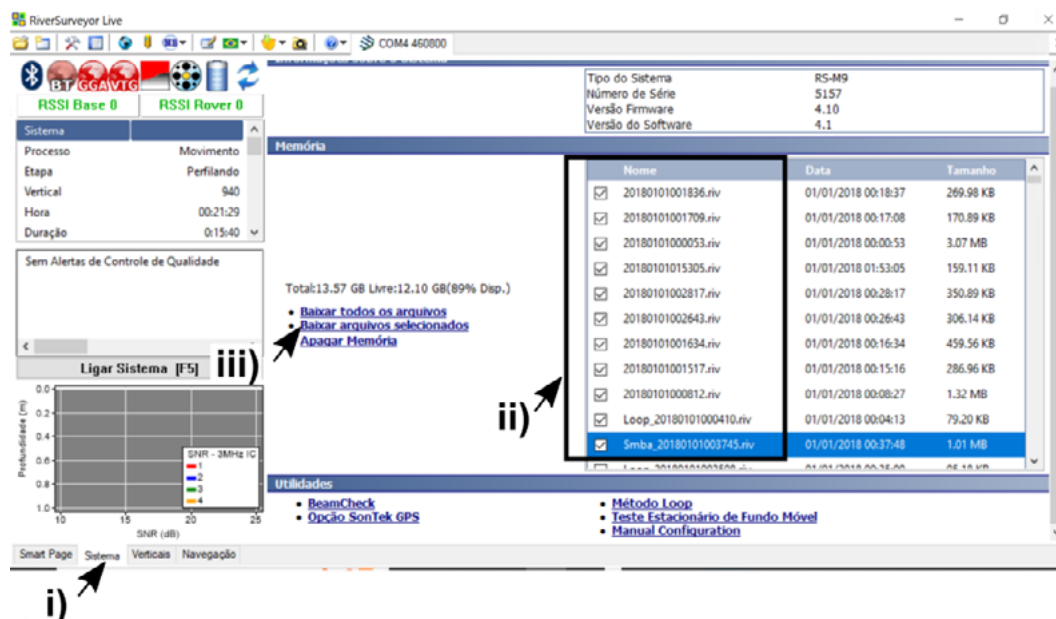
Dentro da operação da Rede Hidrometeorológica Nacional, o documento “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilados Acústico Doppler (ADCP)*” recomenda fortemente o emprego do programa QRev para o pós-processamento dos dados.

O QRev organiza o grande volume de informações gerado em uma medição de descarga líquida de forma lógica e resume em gráficos e tabelas os principais pontos que são necessários atenção.

Para entrar pós-processar a medição de descarga líquida com o QRev deve-se proceder os seguintes passos:

- i) Clique na aba **SISTEMA** (Figura 69);
- ii) Selecione todos os arquivos de medição e os testes de fundo móvel;
- iii) Clique em **BAIXAR ARQUIVOS SELECIONADOS**.

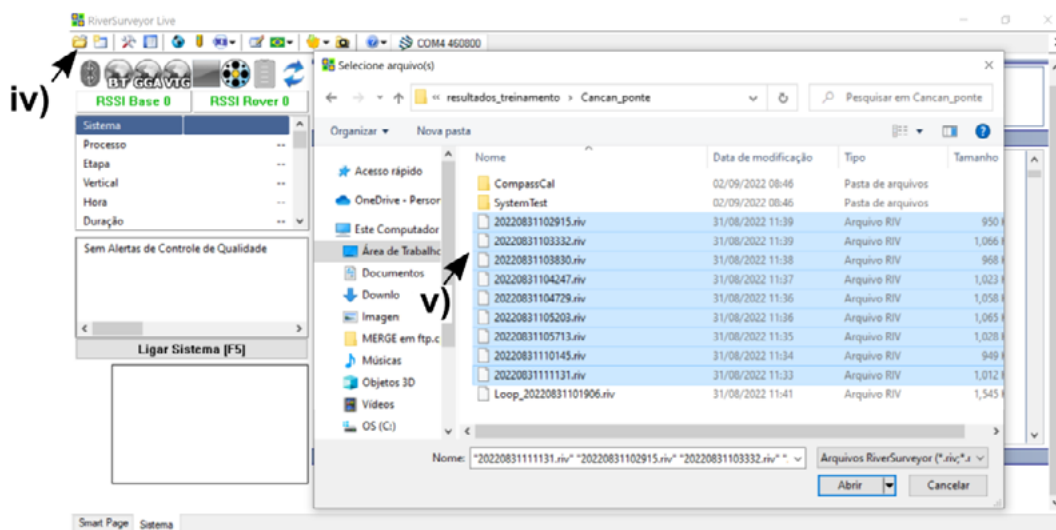
Figura 69 – Sequência de comandos para download de dados do *RiverSurveyor M9* para o computador



Por padrão os arquivos baixados são salvos no diretório “Documentos/Son-tek Data” em uma pasta cuja nomenclatura é a data do dia que o download foi feito no seguinte formato AAAA_MM_DD (Figura 70).

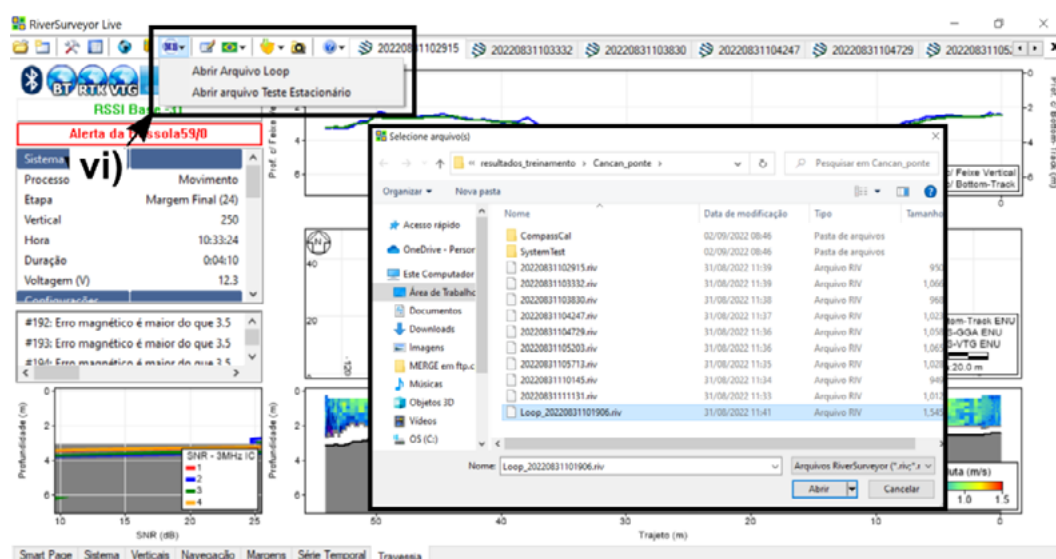
- iv) Uma vez que todos os arquivos da medição foram baixados, clicar em **ABRIR ARQUIVOS**
- v) Navegar até a pasta em que os arquivos foram baixados e selecionar apenas as travessias;

Figura 70 – Sequência de comandos para abrir os arquivos de travessias salvos no computador através do *RiverSurveyor Live*



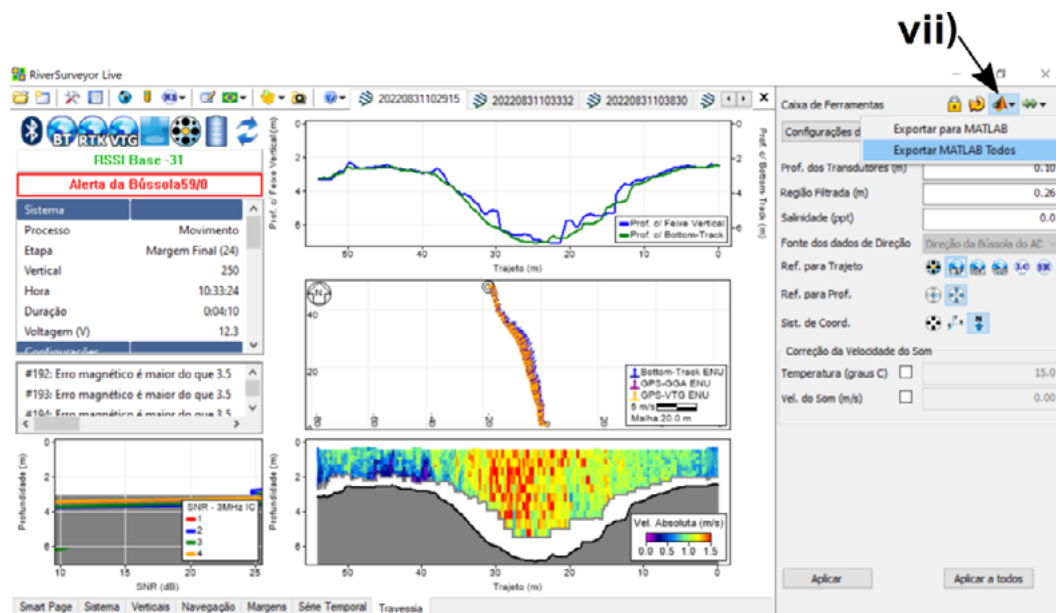
vi) As travessias serão abertas, então clique no ícone **MB** para abrir o teste de fundo móvel, selecione o tipo de teste válido realizado e selecione o arquivo de fundo móvel correspondente à medição (Figura 71);

Figura 71 – Sequência de comandos para abrir os arquivos de teste de fundo móvel salvos no computador através do *RiverSurveyor Live*



vii) Uma vez que todos os arquivos que precisam ser exportados foram abertos (travessias e teste de fundo móvel), selecione **MOSTRAR FERRAMENTAS DE PROCESSO** e em seguida **EXPORTAR MATLAB TODOS** (Figura 72);

Figura 72 – Sequência de comandos para abrir os arquivos de teste de fundo móvel salvos no computador através do *RiverSurveyor Live*



viii) Uma vez realizada a exportação, os arquivos devem ser abertos e tratados no QRev. Para finalizar o pós-processamento, recomenda-se avaliar e, se necessário, alterar no *RiverSurveyor Live* a extrapolação do perfil de acordo com a sugestão do QRev ou de acordo com a avaliação feita pelo profissional de campo. Detalhes a respeito da rotina de tratamento de dados no QRev é mostrado no documento complementar com tutoriais do manual “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilados Acústico*”

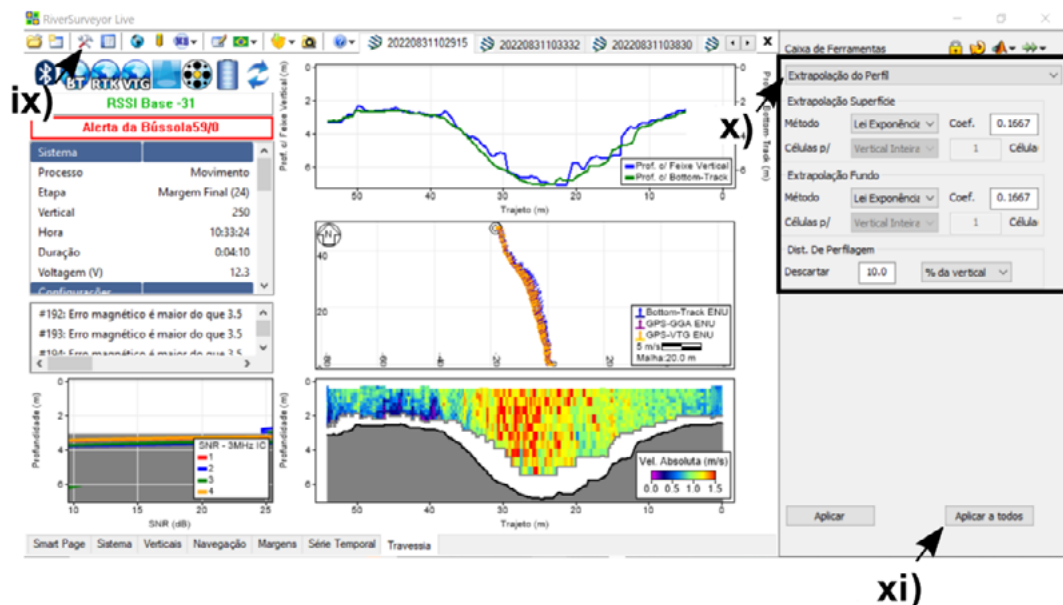
Doppler (ADCP)";

ix) Para alterar os coeficientes de extrapolação de perfil acesse **MOSTRAR FERRAMENTAS DE PROCESSO** (Figura 73);

x) Na opção **EXTRAPOLAÇÃO DE PERFIL** altere o método e os coeficientes de acordo com a avaliação feita. Se for necessário, altere também as referências de trajeto e profundidade em **CONFIGURAÇÕES DO SISTEMA**;

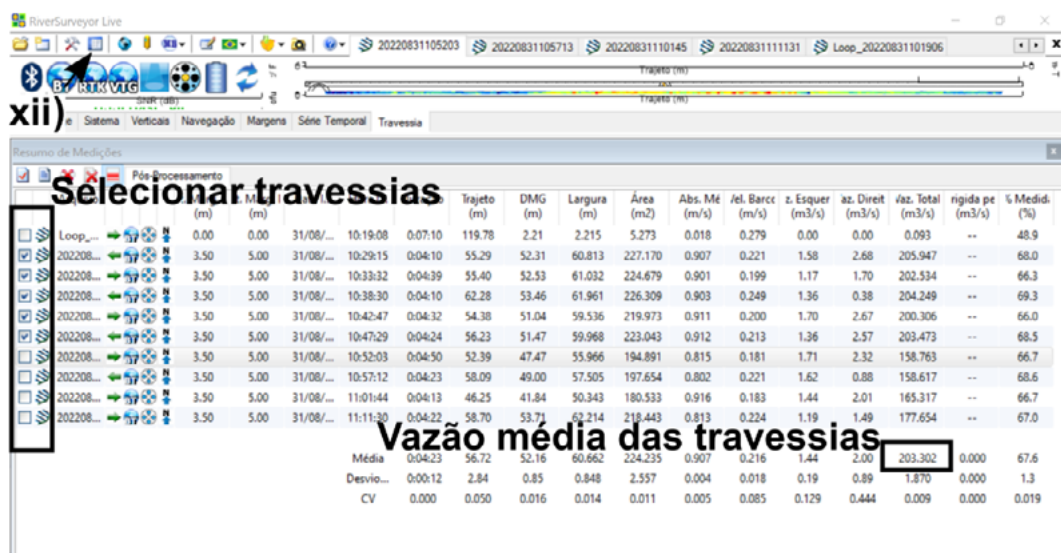
xi) Clique em **APLICAR A TODOS** para que todas as travessias sejam atualizadas com a extrapolação de perfil, referências de trajeto e de profundidade desejada;

Figura 73 – Sequência de comandos para alterar as configurações de medição e de extrapolação do perfil através dos RiverSurveyor Live



xii) Finalizado o pós-processamento, abra a aba **RESUMO DE MEDIÇÃO** e selecione as travessias que irão compor a medição final, de acordo com a interpretação do pós-processamento.

Figura 74 – Sequência para geração da vazão média no resumo de medição de descarga líquida





Verifique se a vazão total média está dentro do esperado para a mesma cota na curva-chave seguindo o disposto no documento Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico (ADCP) (Figura 74).

Concluindo a análise do item 6.3, o arquivo de medição deve ser salvo com as configurações adotadas no pós-processamento e o resumo de medição deve ser gerado seguindo os seguintes passos:

- i) Clique no ícone () RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE VAZÃO;
- ii) Abrirá uma janela com o Resumo da Medição, que deverá ser salvo em PDF e arquivado dentro da pasta com os arquivos da medição.



Cópia de segurança: O último passo a ser realizado no campo é a realização de cópia de segurança de todas as informações levantadas (pendrive, HD externo, nuvem, etc), as quais deverão ser encaminhadas ao escritório da entidade operadora o mais rápido possível.

7 Manutenção, testagem e atualização

Este capítulo apresenta os procedimentos que devem ser realizados pelo usuário antes, durante e após uma campanha de medição de descarga utilizando o *RiverSurveyor M9*, nas etapas de manuseio, montagem e utilização, bem como, quanto aos procedimentos de limpeza, inspeção do equipamento, atualização de *firmware*, armazenamento e transporte.

De acordo com o fabricante do equipamento, em condições normais de uso, o ADP necessita de pouca manutenção para manter o bom funcionamento por muitos anos. Ainda assim, alguns aspectos devem ser observados para garantir o desempenho do equipamento.

7.1 Manutenção do RiverSurveyor M9

Há diferentes níveis de responsabilidade pela manutenção do equipamento. Em primeiro plano estão os serviços que devem ser realizados pelo fabricante, por isso, visando garantir resultados ótimos continuamente é recomendável que cada *RiverSurveyor M9* seja retornado à fábrica para averiguação a cada dois ou três anos.

Em segundo plano, estão algumas medidas relacionadas à inspeção e correção que envolvem partes internas do transdutor, essas devem ser realizadas no Centro de Instrumentação e Logística da ANA ou na Assistência Técnica do fabricante no caso de outros usuários.

No terceiro plano, ao qual se circunscreve as medidas aqui relacionadas, estão os aspectos que devem ser observados no dia a dia pelo usuário do *RiverSurveyor M9* no campo ou no escritório, para garantir o desempenho adequado do equipamento e sua conservação.

7.1.1 Cuidados no manuseio, montagem e utilização

O *checklist* tem como objetivo identificar possíveis problemas e avarias no equipamento como, por exemplo, fios desencapados, riscos nos transdutores, amassados, entre outros. Nesse *checklist* deve conter aspectos referentes à verificação do quantitativo dos itens e a condição aparente do equipamento (realizada a partir da inspeção visual dos componentes)

A seguir é apresentada uma lista de itens importantes que devem ser observados cada vez que o ADP M9 é manipulado, montado ou utilizado:

- Nunca coloque o ADP M9 em uma superfície dura ou áspera para evitar que as faces dos transdutores sejam danificadas;
- Não use força excessiva para rosquear ou plugar os cabos de alimentação e conexões;
- Verifique se há rachaduras ou pinos dobrados no conector do cabo de alimentação. Inspeccione toda a extensão do cabo para verificar se existem cortes no isolamento ou condutores expostos antes de cada utilização;
- Os cabos e conectores estão entre os componentes mais sensíveis do equipamento. Os conectores devem ser mantidos lubrificados, utilizando produtos à base de silicone, específicos para lubrificação de componentes eletrônicos e que não tenham produtos de limpeza ou solventes na composição;
- Verifique se não há danos nos cabos e conectores (macho e fêmea) e se não há sujeira ou excesso de lubrificante, os quais podem comprometer a conexão; e
- Avalie a condição dos anéis de vedação, se estes estão posicionados corretamente, se estão limpos e se não estão desgastados ou ressecados.

7.1.2 Procedimentos para limpeza e manutenção periódica

A limpeza dos componentes do *RiverSurveyor* M9 é relativamente simples e pode ser realizada com uso de produtos e utensílios de limpeza de fácil acesso, observando-se alguns cuidados. Após a utilização do equipamento, todos os componentes devem ser completamente secos e armazenados na maleta que o acompanha.

Limpeza dos transdutores

- Para a limpeza dos transdutores, deve ser utilizada uma escova ou esponja macia (material não abrasivo) e água com sabão neutro, quando houver acúmulo de material em sua face; e
- Antes de ser armazenado no case, deve-se garantir que os transdutores foram secados adequadamente.

Cabe destacar, que os transdutores estão protegidos por uma resina epóxi, deste modo, arranhões menores na face não prejudicam o seu desempenho.



Base RTK, PCM Rover e antena GPS

- Manter as entradas de conexão livres de sujeira utilizando *spray* limpa contatos eletrônicos; e
- O corpo das bases e a antena GPS podem ser limpos utilizando-se um pano ou esponja macia umedecidos com água e, em seguida, esses componentes devem ser secos antes de armazenados no case do equipamento.

Hydroboard

A limpeza da *hydroboard* deve ser realizada utilizando um pano ou esponja macia, umedecidos com água e sabão neutro, e deve ser seca antes de ser armazenada no case.

7.1.3 Cuidados no transporte e armazenamento

No transporte e armazenamento do *RiverSurveyor M9*, alguns cuidados deverão ser observados para manter a integridade do equipamento e seu perfeito funcionamento.

Antes de armazenar o equipamento e seus acessórios nos seus respectivos estojos e malas, é necessário realizar os procedimentos de limpeza citados neste documento.

Ressalta-se que as pilhas do equipamento não devem ser armazenadas no interior da mala, uma vez que estas podem estourar e comprometer a integridade dos itens do ADP M9.

O ADP M9 e todos os seus componentes e acessórios devem ser armazenados e transportados na mala original que acompanha o equipamento, não sendo admitido em nenhuma hipótese o transporte e armazenamento de outra maneira.

Durante o transporte e armazenamento, a mala do equipamento deve ser acomodada em local seco, sem temperaturas extremas, e distante de produtos químicos. A mala do equipamento não deve ser utilizada para apoiar outros itens com peso que possa comprometer sua integridade.

Os cuidados na organização para transporte evitam que o equipamento sofra deslocamentos bruscos, batidas ou vibrações intensas durante a movimentação do veículo (Figura 75).

Figura 75 – Exemplo de armazenamento do case do ADP M9 e *Hydroboard* em carro utilizado pela Rede Hidrometeorológica Nacional.



O equipamento deve ser armazenado em local apropriado, não sendo admitido, por exemplo, o armazenamento dos equipamentos dentro da cabine, porta-malas ou baú de veículos.



O transporte do equipamento já montado no *hydroboard* até a seção de medição deve ser realizado de modo cuidadoso para evitar impactos nos transdutores e demais componentes.

7.2 Teste do equipamento

A implementação de uma rotina de testes é importante para identificar previamente peças faltantes ou eventuais problemas no equipamento, de forma que eles possam ser sanados antes de sua utilização em campo. A rotina tem como objetivo garantir que o equipamento esteja em boas condições de funcionamento, onde serão verificados possíveis problemas de funcionamento ou de mau uso do equipamento.

A testagem deve ser realizada pelo menos duas vezes, sempre antes e após as campanhas de campo.

Esta rotina deve contemplar minimamente os seguintes itens:

- Verificação da comunicação entre o ADP e seus componentes;

- Teste de sistema;
- Teste de funcionamento da bússola;
- Teste do termômetro interno do ADP; e
- Questionário de avaliação de funcionamento em campo.

7.2.1 Verificação da comunicação entre o ADP e demais componentes

Para identificar possíveis problemas nos cabos e conectores, recomenda-se que seja realizada a comunicação entre o ADP M9 e seus periféricos com o notebook.

Deve ser testada a comunicação do ADP com o notebook e PCM *Rover*; e da PCM *Rover* com a Base *RTK*. A comunicação é verificada observando o diagnóstico de cores dos leds do equipamento. Para realizar este teste devem ser seguidos os seguintes passos:

- Montar o ADP M9 utilizando a PCM *Rover*, a Base *RTK* e o notebook com a antena de rádio (ver capítulo 4 para detalhes de montagem);
- Conectar o notebook com o M9 utilizando o *RiverSurveyor Live*;
- Aguardar até que a comunicação seja estabelecida (o que não deve demorar mais que 5 minutos).

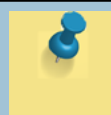
Se a comunicação de rádio for estabelecida com sucesso, o led do rádio do *Rover* e da Base *RTK* devem ficar acesos continuamente na cor verde. No item 5.1 foi apresentada a interpretação do código de cores utilizado pelo *RiverSurveyor* M9.

7.2.2 Teste de sistema

O teste de sistema é realizado de forma automática pelo *RiverSurveyor*. Ele verifica a memória RAM e ROM, a comunicação, a bússola e o funcionamento dos transdutores.

Para executá-lo, devem ser seguidos os seguintes passos:

- a. Estabeleça a comunicação entre o notebook e o ADP M9;
- b. Selecionar a aba *Smart Page*;
- c. Selecionar Atualizar Relógio;
- d. Selecionar Sincronizar com PC e em seguida Ativar: o relógio deve ser atualizado com sucesso;
- e. Selecionar Testar Sistema e em seguida Iniciar. Aguarde alguns instantes enquanto o teste é executado; e
- f. Armazene o resultado do teste de sistema.



Se todos os testes forem realizados com sucesso, a seguinte mensagem deve ser retornada “**Resultado: O sistema está operando normalmente**”.



Caso o equipamento apresente alguma falha, o arquivo de teste deve ser enviado para a assistência técnica juntamente com os arquivos das últimas medições.

7.2.3 Teste de funcionamento da bússola

No teste de funcionamento da bússola é verificado se o ADP M9 ao ser rotacionado em torno de seu eixo longitudinal, e simulando movimentos de *pitch* e *roll*, apresenta resposta coerente na tela de calibração.

Para execução do teste de funcionamento da bússola os seguintes passos devem ser seguidos:

- Selecionar a aba Calibração da bússola;
- Movimentar o M9 rotacionando e simulando movimentos de *pitch* e *roll*;
- Verificar se o registro da calibração da bússola é coerente com a movimentação realizada (Figura 76 e Figura 77).

Figura 76 - Resposta do ADP M9 quando rotacionado em torno de seu eixo longitudinal, as setas indicam o sentido da rotação e o círculo vermelho indica a referência de posicionamento (cabo de comunicação)

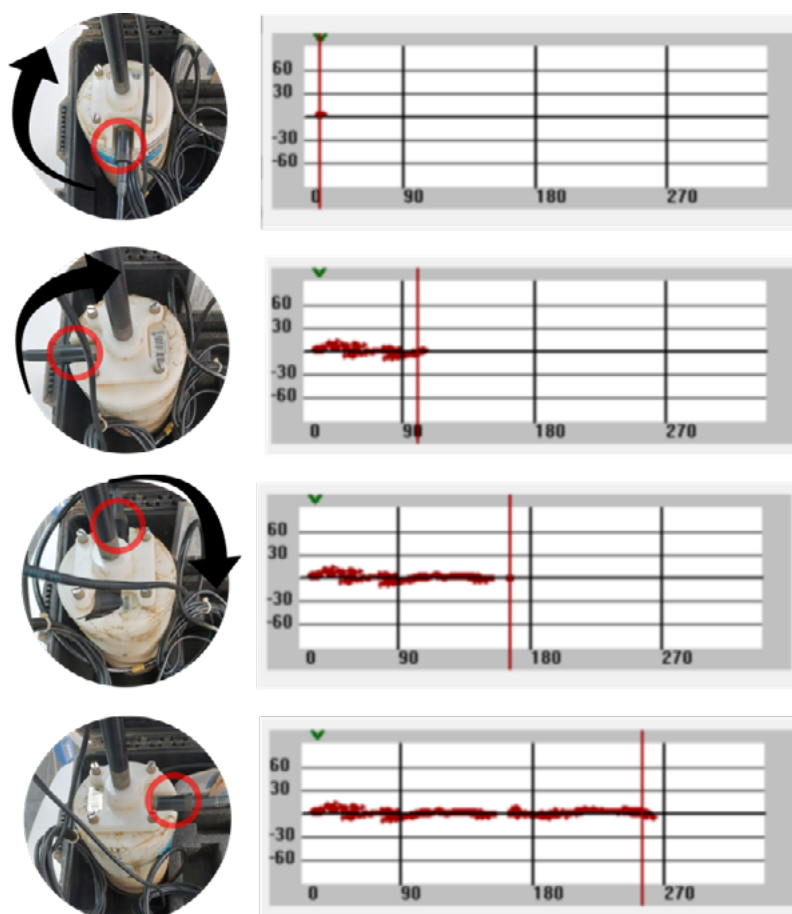
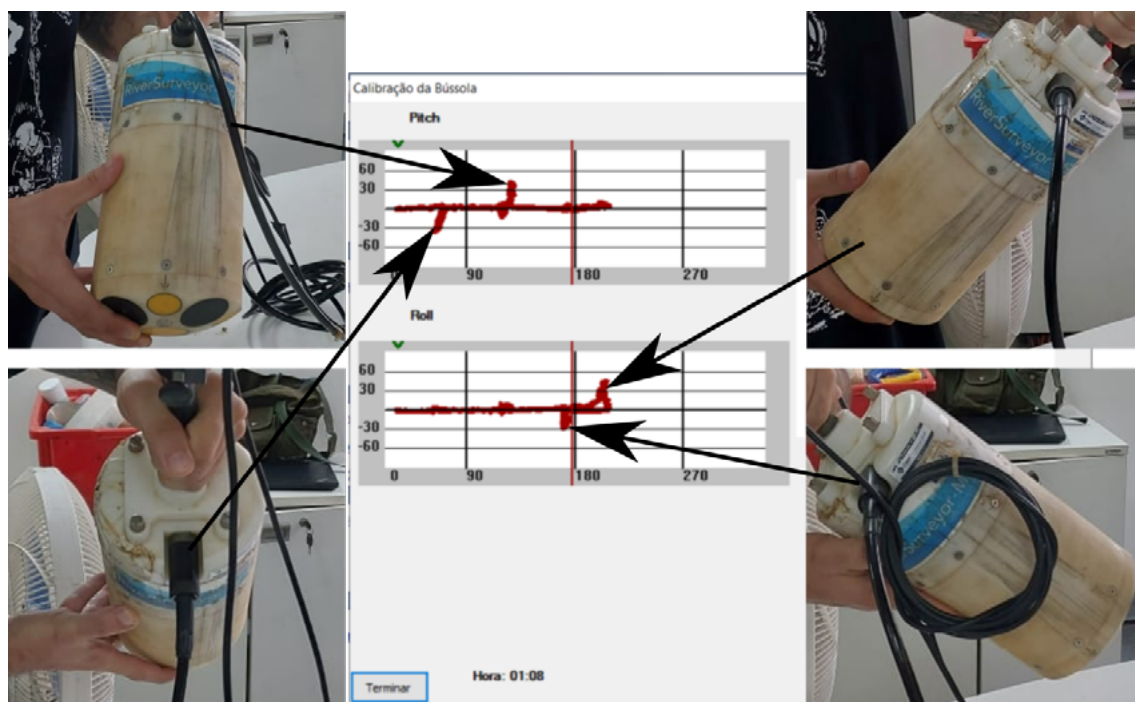


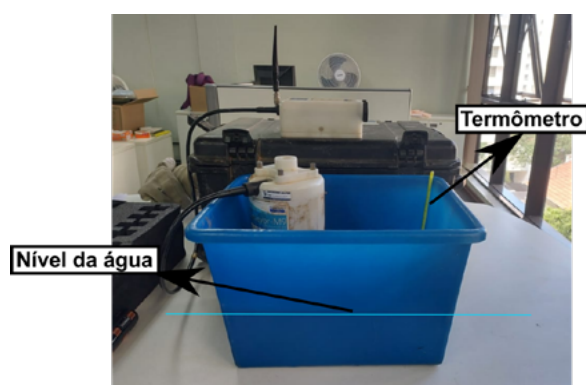
Figura 77 – Resposta do ADP M9 quando inclinado em torno de seu eixo transversal simulando movimentos de *pitch* e *roll*.



7.2.4 Teste do termômetro do ADP

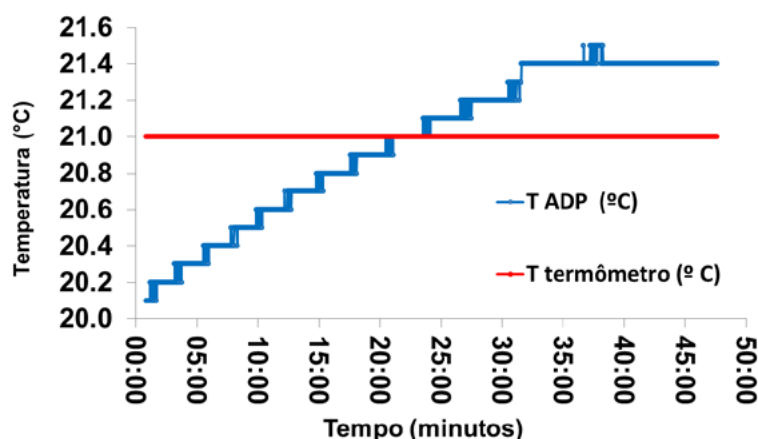
O teste do termômetro do ADP tem como objetivo verificar se o equipamento está medindo corretamente a temperatura da água. Para tanto, o ADP, previamente conectado ao computador, deve ser colocado em um reservatório com água suficiente para cobrir o termômetro do ADP, localizado próximo à face do transdutor do feixe vertical. A temperatura da água no reservatório deve ser medida com um termômetro independente certificado.

Figura 78 – ADP M9 montado para teste do termômetro interno.



A Figura 79 compara medidas de temperatura realizadas pelo ADP M9 com um termômetro de mercúrio durante 50 minutos. O ADP atinge a estabilidade térmica após 35 minutos e nota-se que durante todo o período a diferença de temperatura foi menor que 2°C.

Figura 79 – Temperatura medida pelo ADP-M9 e com termômetro de mercúrio convencional em reservatório com água parada



A temperatura do ADP M9 pode levar 30 minutos ou mais para se estabilizar, dependendo das condições ambientes (MUELLER et al., 2013). A diferença entre a temperatura medida pelo ADP e o termômetro independente deve ser menor do que 2°C, de modo que diferenças acima desse limiar indicam problemas na medida realizada pelo ADP. Nestas situações, não se deve utilizar o equipamento para realizar medições de descarga líquida (item 5.1.6 do documento Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)).

7.2.5 Questionário de avaliação de funcionamento em campo

O questionário tem como objetivo identificar problemas no funcionamento do equipamento e deve ser aplicado sempre que o equipamento retornar de campo, independente se o mesmo será armazenado ou utilizado em uma nova campanha imediatamente. O questionário deve conter, ao menos, as seguintes questões:

- Dificuldade em realizar a calibração da bússola?
- Dificuldade em realizar teste de fundo móvel (*Loop*)?
- Dificuldade em realizar teste de fundo móvel (SMBA)?
- Erros no teste de sistema?
- O consumo de bateria foi normal durante as medições?
- Houve problemas de comunicação com o notebook?
- Houve ocorrências que possam comprometer o funcionamento do equipamento (queda, batida, entrada de água em partes eletrônicas etc.)?

7.3 Atualização de firmware

Os equipamentos devem estar sempre atualizados com a última versão de *firmware* e *software* disponibilizados pelo fabricante do equipamento. A atualização de *firmware* deve seguir rigorosamente o procedimento indicado pelo fabricante.

O *firmware* do RiverSurveyor M9 deve ser atualizado sempre que uma nova versão ou atualização seja recomendada pelo fabricante. Os novos *firmwares* podem ser baixados no portal da YSI Xylem Brand, proprietária da marca Sontek, após um breve ca-

dastró, no endereço eletrônico: <https://www.ysi.com/customer-support/software-firmware-downloads>. Também há um sumário das versões do programa, seus status e principais atualizações na página da USGS (<https://hydroacoustics.usgs.gov/movingboat/m9s5.shtml>).

A atualização deve ser realizada em ambiente estável, de preferência dentro do escritório ou local que seja destinado para este tipo de trabalho.



A atualização de firmware é realizada utilizando o *software* “Utilities” da Sontek e deve ser feita seguindo rigorosamente as instruções que são disponibilizadas no arquivo compactado fornecido pelo fabricante.

Na última atualização de firmware disponibilizada na data de publicação deste manual (firmware 4.10 disponibilizado em agosto de 2018)



Uma vez atualizado não retroceder a versão do *firmware* instalado. O fabricante alerta que retroceder versões de *firmware* pode causar problemas imprevisíveis na configuração do sistema.



Para a atualização do firmware, sempre use pilhas novas. Dessa forma, eventuais problemas ocasionados pela queda de energia durante a atualização do firmware serão eliminados.



O ADP M9 deve ser mantido com a memória limpa para evitar que o equipamento trave ou fique sem memória durante a realização de uma medição.

A adequada aplicação dos procedimentos dispostos nesta seção depende do estabelecimento de locais para o arquivamento das saídas dos testes e dos formulários de *checklist*.

Também é necessário designar pelo menos dois profissionais responsáveis pela execução do disposto nos itens 7.2 e 7.3 deste manual.

Os *checklists*, atualizações e formulários de inspeção dos equipamentos devem ser controlados pelo número de série ou número do patrimônio dos equipamentos.

Proposta de ficha de avaliação do medidor ADCP modelo M9 da Sontek.

 Ficha de Avaliação M-9		Equipe de campo	Chegada				
		Avaliação do equipamento					
Item	Descrição	Quantidade	Conforme	Danificado	Ausente	Não se aplica	Observações
1	ADP – M9	1					
2	Cabo serial de alimentação / comunicação (10 m)	1					
3	Fonte de alimentação com kit universal	1					
4	Adaptador de série para USB	1					
5	CD com software e documentação	1					
6	Cartão de registro de garantia	1					
7	PCM Rover (configuração básica ou DGPS)	1					
8	Estação-base GPS RTK	1					
9	Suportes de bateria / Pilhas para PCM	4					
10	Cabo de conexão com 1 m / alimentação, conecta M9 à PCM	1					
11	Sontek Radio USB	1					
12	Cabo extensor / conversor USB para Sontek Radio USB	1					
13	Telefone móvel com protetor impermeável	01					
14	PCM Bridge para o Telefone Celular	1					
15	Antena GPS (o tipo de antena pode ser diferente)	2					
16	Suporte para a antena GPS	2					
17	Disco de encaixe para o suporte da antena	1					
18	Antena para comunicação de rádio	3					
19	Suporte para a antena de rádio	2					
20	Cabos de conexão (GPS-PCM / RÁDIO-PCM)	4					
21	Cabo reserva com maior extensão para conexão (GPS/RTK-PCM)	2					
22	Battery Holder, PCM, 2G, RS (Kit com 2)	1					
23	Kit Krytox GLP 205	1					
24	Hydroboard	1					
Avaliação Pós-Campo							
1	Bússola está funcionando?	SIM	NÃO	Obs:			
2	Aprovado em todos os testes de sistema?	SIM	NÃO	Obs:			
3	Beam-check	Aprovado	Reprovado	Obs:			
4	Temperatura da água registrada	ADCP:	Outro:	Obs:			
5	Comunicação USB e com cabo funcionando?	SIM	NÃO	Obs:			
7	Condição aparente das cerâmicas dos transdutores	intacta	suja	danificada			
Avaliação de funcionamento em campo							
1	Dificuldade em realizar a calibração da bússola?	NÃO	PONTUAL	SISTEMÁTICA			
2	Dificuldade em realizar teste de fundo móvel (loop)?	NÃO	PONTUAL	SISTEMÁTICA			
3	Dificuldade para realizar teste de fundo móvel (SMBA)?	NÃO	PONTUAL	SISTEMÁTICA			
4	Erros no teste de sistema?	NÃO	PONTUAL	SISTEMÁTICA			
5	Gasto de bateria	NORMAL	EXCESSIVO	NÃO SEI			
6	Problemas de comunicação com o notebook?	NÃO	PONTUAL	SISTEMÁTICA			
8	Ocorrências que possam comprometer o funcionamento (queda, batida, água em partes eletrônicas etc)?						
Avaliador(a)		Observações sobre a avaliação					
Data da avaliação							



8 Referências

CHEN, Cheng-Lung. Power law of flow resistance in open channels—Manning’s formula revisited: **Proceedings of the International Conference on Channel Flow and Catchment Runoff, Centennial of Manning’s Formula and Kuichling’s Rational Formula**, May 22–26, 1989, Charlottesville, Va., v. 8, p. 17–48.

MUELLER, David S.; WAGNER, Chad R.; REHMEL, Michael S.; OBERG, Kevin A. e RAINVILLE, François. **Measuring discharge with acoustic doppler current profilers from a moving boat**. USGS, v. 2, p. 95, 2013. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/tm/3a22/> Acesso em: 16 de maio de 2021.

SONTEK. *RiverSurveyor S5/M9 System Manual Firmware Version 4.02*. Sontek. 2017. Disponível em <http://www.sontek.com> Acesso em: 05 de outubro de 2022

TUTORIAL II – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA COM O RIVERRAY

1 Introdução

O medidor de vazão modelo *RiverRay* produzido pela Teledyne RD Instruments é capaz de realizar medições de descarga líquida em rios e canais abertos. Este equipamento opera em uma frequência acústica de 600 kHz de frequência, e um esquema de pulso com objetivo de otimizar a performance do equipamento. Uma de suas características é a aplicabilidade em grandes profundidades, que podem chegar a até 120 m, assim como a possibilidade de uso em ambientes com grandes quantidades de sedimentos.

As descrições e métodos apresentados neste tutorial são baseados no documento principal “Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)” e no manual do fabricante *RiverRay ADCP Guide* (Teledyne, 2019). O presente documento não substitui e não suprime as técnicas e métodos apresentados no documento principal.

Sendo assim, recomenda-se que a leitura do presente documento seja precedida pela leitura do Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP).

O presente documento está organizado em sete seções, sendo a primeira delas esta introdução. A segunda seção apresenta a descrição e a função dos itens que compõem o *RiverRay*, e que são necessários para sua montagem e utilização.

A utilização do *RiverRay* e a obtenção de resultados da medição é possibilitada pelo *WinRiver II*, programa desenvolvido para coleta e processamento de dados, que será apresentado no capítulo 3.

A montagem do equipamento é um aspecto importante de sua utilização, tendo em vista que as distintas características dos nossos rios requerem arranjos específicos para a realização das medições. O capítulo 4 é dedicado à descrição dos dois principais arranjos utilizados, que são a montagem no flutuador trimarã e em suporte adaptado à embarcação.

No capítulo 5 são descritos os procedimentos para realização da comunicação com o equipamento, assim como a forma de fazer as conexões dos seus periféricos, e formatos de arquivos gerados durante a operação do equipamento.

A descrição do passo-a-passo para realização da medição da vazão com o *RiverRay*, e os critérios e técnicas específicas do equipamento, incluindo os procedimentos pré e pós medição, são detalhados no capítulo 6.

O capítulo 7 deste tutorial é dedicado à manutenção e testagem do *RiverRay*, bem como à atualização do seu *firmware*. Nesse sentido são indicados os cuidados requeridos no manuseio, montagem e utilização, tais como itens de manutenção periódica, procedimentos de limpeza e cuidados no transporte e armazenamento, com indicação de boas práticas a serem adotadas pelos usuários.



Também é importante destacar que o *firmware* do *RiverRay*, bem como o programa de interface de medição *WinRiver II* são atualizados com alguma frequência. Deste modo, pode haver diferenças entre versões utilizadas. Este documento será atualizado sempre que as alterações de *firmware* ou de *software* comprometam diretamente na qualidade da medição de descarga líquida ou no valor final da vazão medida.

1.1 Proposta e escopo

Este documento descreve as técnicas e métodos de medição de descarga líquida que devem ser observadas na utilização do medidor acústico doppler *RiverRay* na operação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

2 Especificação e composição do equipamento

O *RiverRay* é um equipamento acústico de medição de descarga líquida projetado para medir os fluxos de velocidade da água em uma embarcação em movimento. É um equipamento versátil, pois possui uma ampla capacidade de operação, podendo medir desde riachos até rios caudalosos. A seguir são apresentadas as especificações gerais do modelo e os dados importantes a serem observados no momento da medição de vazão (Tabela 1).

Tabela 1 – Especificações gerais do *RiverRay*

PARÂMETRO	AMPLITUDE
Frequência	600 kHz
Taxa típica de produção de dados	1- 2 Hz
Resolução do perfil - Tamanho mínimo da célula	>10 cm
Número de células	< 200
Amplitude de perfilamento com <i>Bottom Tracking</i> (BT)	0,4 m a 100 m
Amplitude de perfilamento com Feixe Vertical (VB)	0,2 m a 120m
<i>Blank</i>	25 cm
Ângulo do feixe	30°
Acurácia da velocidade (típica)	± 0,25% da velocidade medida; ± 0,2 cm/s
Faixa de Velocidade com BT	± 9,5 m/s
Alimentação	10,5 a 18 VCC

Fontes: http://www.teledynemarine.com/Lists/Downloads/wr_ps_guide_hr.pdf , <http://www.teledynemarine.com/riverray-adcp/?BrandID=16> e http://www.teledynemarine.com/Lists/Downloads/riverray_datasheet_lr.pdf

Nos próximos subitens serão apresentados os componentes do *RiverRay* e seus acessórios para a realização da medição.

2.1 RiverRay

O *RiverRay* é armazenado e transportado em uma maleta própria conforme Figura 1, seus componentes são apresentados Tabela 2 e na Figura 2.

Em termos gerais, o sistema *RiverRay* é composto por um transdutor com frequência acústica padrão de 600 kHz, um flutuador Trimarã (opcional), cabos e *softwares*.

Figura 1 – Maleta do *RiverRay*



Figura 2 – Itens do *RiverRay*

Tabela 2 – Componentes do *RiverRay*

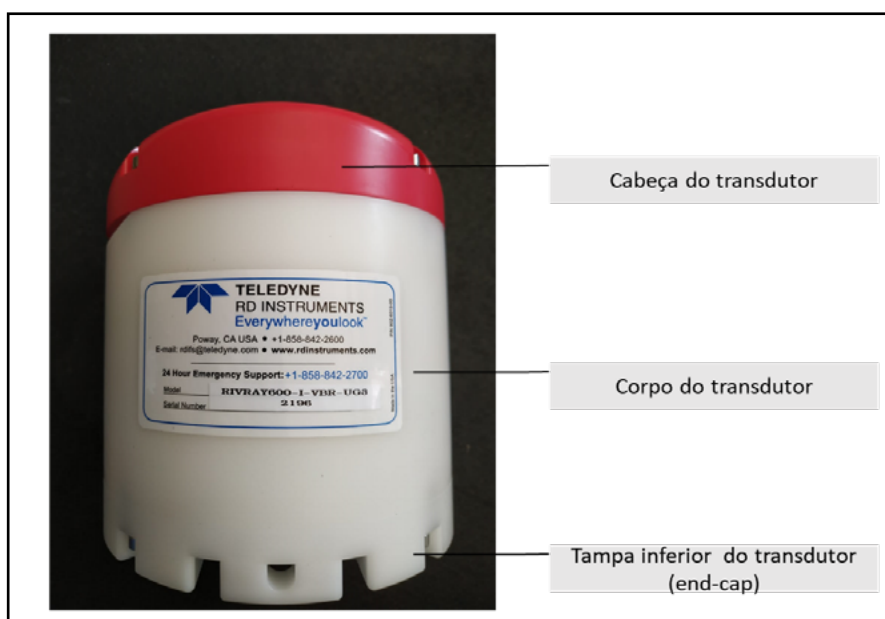
Número	Foto	Descrição	Qnt
R-01		Trimarã	1
R-02		Placa de montagem (acrílico)	1
R-03		Suporte da antena GNSS	1
R-04		Antena GNSS (AtlasLink)	1
R-05		Transdutor <i>RiverRay</i>	1
R-06		Cabo I/O de comunicação e alimentação do transdutor	1

Número	Foto	Descrição	Qnt
R-07		Cabo de comunicação e alimentação da antena GNSS	2
R-08		Cabo da antena GNSS (Trimarã)	1
R-09		Cabo de segurança	1
R-10		Bateria 12V (Item não fornecido pela RDI)	1
R-11		Cabo USB/Serial	2
R-12		Adaptador USB/Antena de Rádio	1
R-13		Antena de rádio Sena DAT5-G01R	1
R-14		Chave Allen 5mm	1

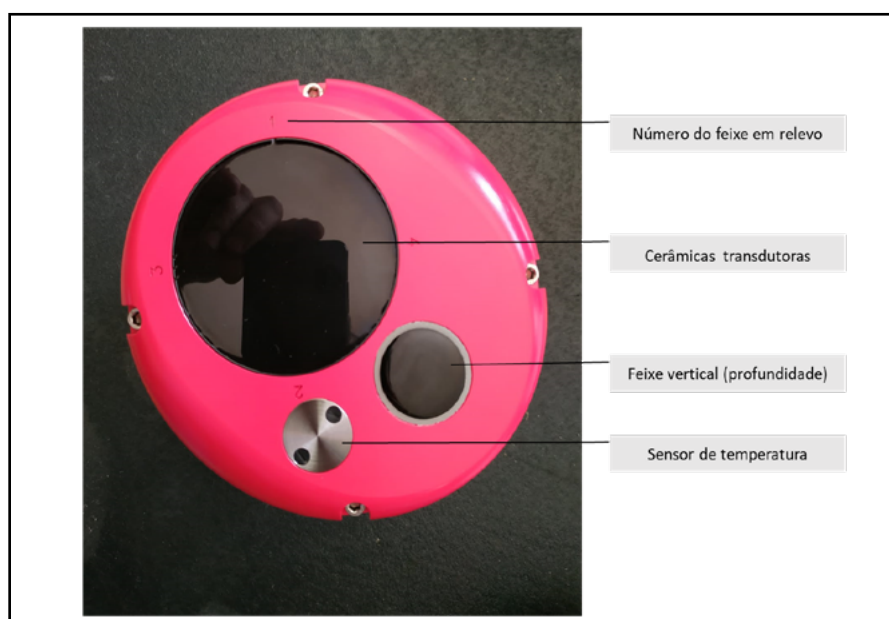
Número	Foto	Descrição	Qnt
R-15		Conjunto de parafuso e arruela	6
R-16		Trava do Cabo de Comunicação	1
R-17		Plugue de Proteção do Cabo de Comunicação	1
R-18		Chave Allen 5mm	1
R-19		Disco compactos com informações e programas	2
R-20		Estojo para guarda dos últimos 8 itens	1

Abaixo são explicadas as características e funções dos principais componentes do *RiverRay*.

- **Transdutor *RiverRay*** – O transdutor do *RiverRay* possui três partes: a cabeça, onde estão montadas as cerâmicas transdutoras e a eletrônica do transdutor; a tampa inferior onde estão as conexões e o sistema de LED de diagnóstico; e o corpo, que possibilita que o equipamento seja operado apenas como um sistema montado à superfície (Figura 3).

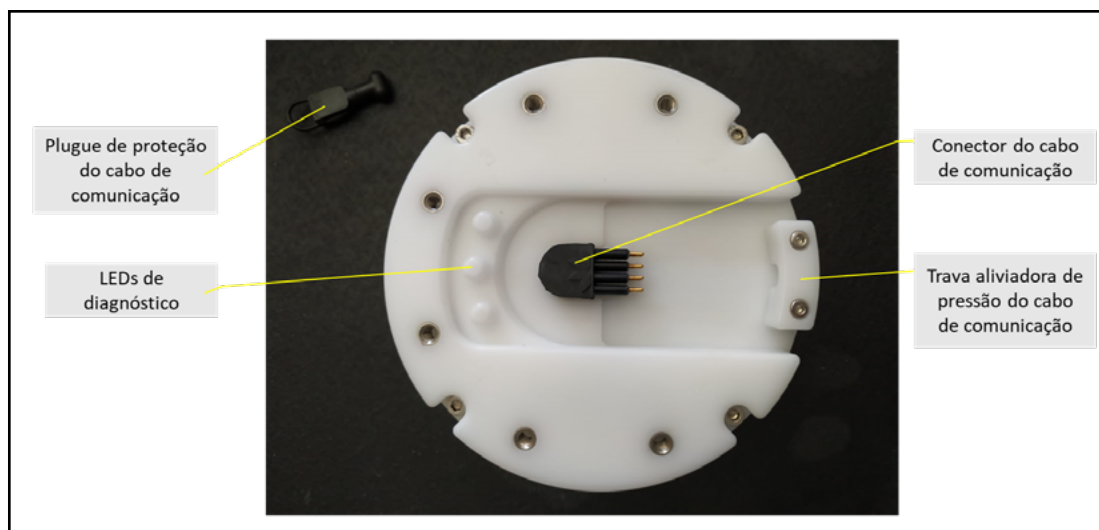
Figura 3 – Partes componentes do transdutor do ADCP *RiverRay*

Na cabeça se localizam a cerâmica transdutora coberta por uretano¹, a eletrônica do transdutor, o feixe vertical que permite a medição de profundidade diretamente sob o ADCP e o sensor de temperatura da água. Nessa parte há ainda números em relevo que indicam o feixe (Figura 4).

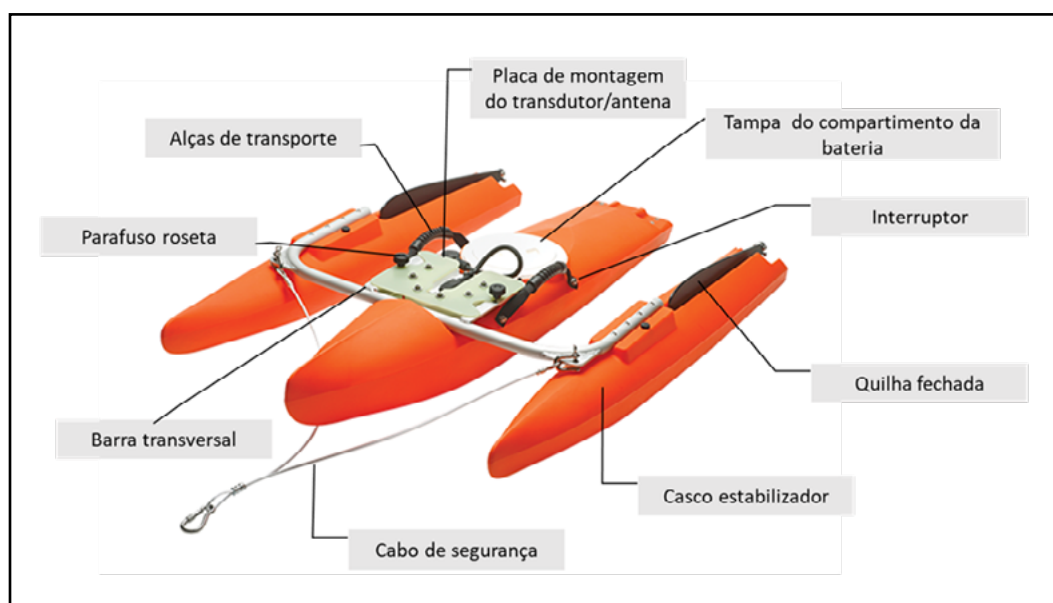
Figura 4 – Detalhamento da cabeça do transdutor

Na tampa inferior do transdutor (*end-cap*) estão o conector e o plugue de proteção do cabo de comunicação que liga o *RiverRay* ao computador e à alimentação/bateria externa, a trava aliviadora de pressão do cabo de comunicação e os LEDs de diagnóstico que indicam o estado do sistema *RiverRay* (Figura 5).

¹ Uretano é um tipo de acabamento aplicado na face do transdutor, para proteger a cerâmica de intempéries e arranhões.

Figura 5 – Descrição da tampa inferior do transdutor

- **Trimarã** – Para manter o transdutor a uma profundidade constante durante a coleta dos dados, causando o mínimo de interferência no fluxo da água, pode ser utilizado um flutuador Trimarã. Esse equipamento é uma pequena embarcação utilizada com o *RiverRay*, que tem como objetivo integrar o transdutor e outros elementos necessários para a realização da medição, tais como a antena GNSS AtlasLink com receptor GNSS-RTK e a bateria interna. A descrição das partes componentes do Trimarã é mostrada na Figura 6.

Figura 6 – Descrição das partes componentes do flutuador trimarã

Antena GNSS – O ADCP *RiverRay* pode ser usado com uma antena com receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*), para correções de posicionamento durante a realização da medição. Os equipamentos usados na Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) possuem a antena GNSS AtlasLink com receptor GNSS-RTK, mostrada na Figura 7.

Figura 7 – Imagens da antena com receptor GNSS acoplada ao *RiverRay*

O equipamento também vem acompanhado de documentação e programas que auxiliam o usuário no seu uso e no processamento dos dados, conforme descrito na Tabela 3. Os programas SxS Pro e Q-View não estão incluídos, para as funções relacionadas a esse último usa-se o *Qrev*.

Tabela 3 – Acessórios componentes do ADCP *RiverRay*

Acessório	Descrição
CD de Recursos Hídricos	Este CD contém versões em PDF de toda a documentação do <i>RiverRay</i> , incluindo o Guia do ADCP <i>RiverRay</i> .
Programa <i>WinRiver II</i>	Programa da TRDI de aquisição de dados fluviais para cálculo de descarga líquida.
Programa de utilidades RDI	Pacote de programa de utilidades e testes, incluindo BBTalk que pode ser usado para testar o ADCP.
Programa SxS Pro (opcional)	Programa estacionário do ADCP para coleta e processamento de dados de descarga líquida. O código de registro é necessário para coletar dados.
Programa <i>Q-View</i> (opcional)	<i>Q-View</i> é projetado para que os clientes que usam o <i>WinRiver II</i> tenham fácil acesso a uma avaliação da qualidade dos dados recolhidos enquanto ainda estão no campo e de volta ao escritório (é necessário um código de registro).
<i>RiverRay Getting Started</i>	Cartão de referência impresso mostrando como começar com o <i>RiverRay</i> . Uma versão PDF está incluída no CD de documentação <i>RiverRay</i> .
<i>RiverRay</i> Guia de Instalação	Um guia impresso que mostra as etapas necessárias para uma instalação bem-sucedida.
Guia de configuração de comunicações seriais	Um cartão impresso de referência rápida mostrando a configuração de comunicações seriais. Uma versão PDF está incluída no CD <i>WinRiver II</i> .
Guia de configuração de comunicações <i>Bluetooth</i> SD1000U	Um cartão de referência rápida impresso que mostra a configuração de comunicações <i>Bluetooth</i> utilizando o SD1000U. Uma versão PDF está incluída no CD <i>WinRiver II</i> .

3 Programa de medição WinRiver II

O *WinRiver II* é o programa fornecido pelo fabricante para a realização das medições de vazão. Para a coleta de dados é importante sempre utilizar a última versão do programa, portanto, recomenda-se que as atualizações sejam conferidas antes da realização das campanhas de campo.

Este capítulo apresenta as características do programa de medição de descarga líquida. Serão apresentadas as principais funções disponíveis na barra de ferramentas e as janelas da área de trabalho.

Caso o usuário queira aprofundar nas funcionalidades do programa, recomenda-se a leitura do manual do usuário do *WinRiver II* disponibilizado pelo fabricante.

3.1 Instalação do programa

A instalação do *WinRiver II* é feita através de um arquivo executável para *Windows*, obtido no sítio eletrônico do fabricante.

Os requisitos mínimos do sistema para utilização do programa de medição são:

- Sistema operacional: Windows 7
- Processador: 1.6 GHz
- Memória: 1 GB
- Espaço em disco: 1 GB
- Resolução do monitor: 1024 x 768

Ao executar o arquivo de instalação, abre-se uma janela com instruções e comandos autoexplicativos apresentados a seguir, e que permitem, mesmo a um usuário sem experiência, instalar e configurar o programa corretamente.

- a. Na janela de instalação, clique em “próximo” para iniciar o procedimento;
- b. Leia as condições da licença e se estiver de acordo, clique em “próximo”;

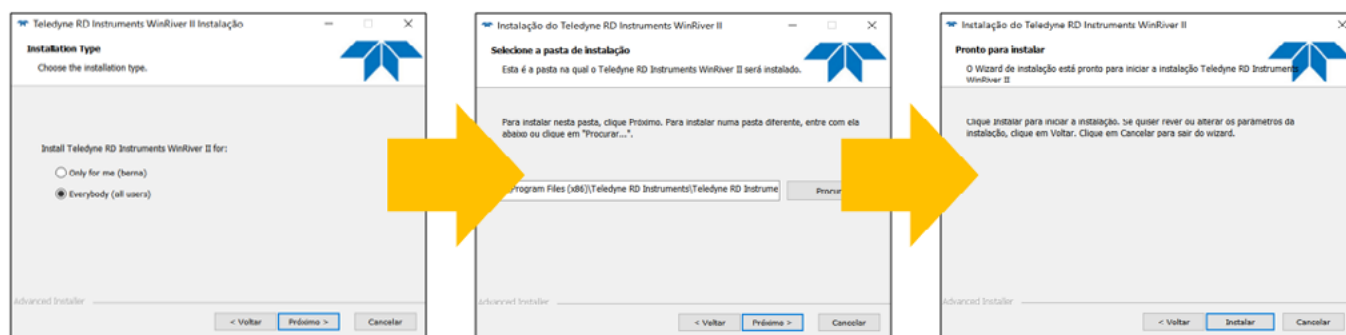
Figura 8 – Passos a e b para instalação do *WinRiver II*



- c. Escolha entre as opções se o programa será instalado para um usuário específico ou para todos os usuários do computador e clique em “próximo”;
- d. Escolha a local onde o programa será instalado e clique em “próximo”. Como *default*, o programa cria uma pasta dentro de C:\ Arquivos de Programas (x86), mas caso queira arquivá-lo em outro local, clique em “procurar”;

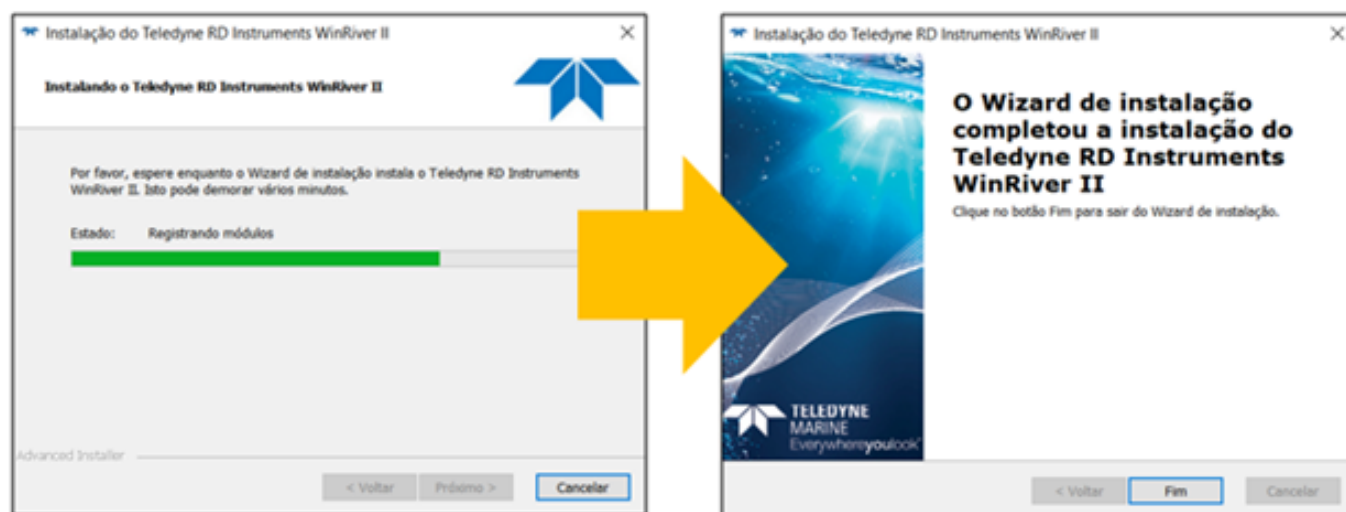
- e. Na próxima janela, clique em “Instalar” para iniciar o procedimento;

Figura 9 – Passos c, d e e para instalação do WinRiver II



- f. Abrirá uma janela com uma barra azul para acompanhar a evolução do procedimento de instalação do programa. Assim que o procedimento for concluído, clique em “próximo”;
- g. Abrirá uma janela informando que a instalação está completa, clique em “fim” para finalizar o procedimento.

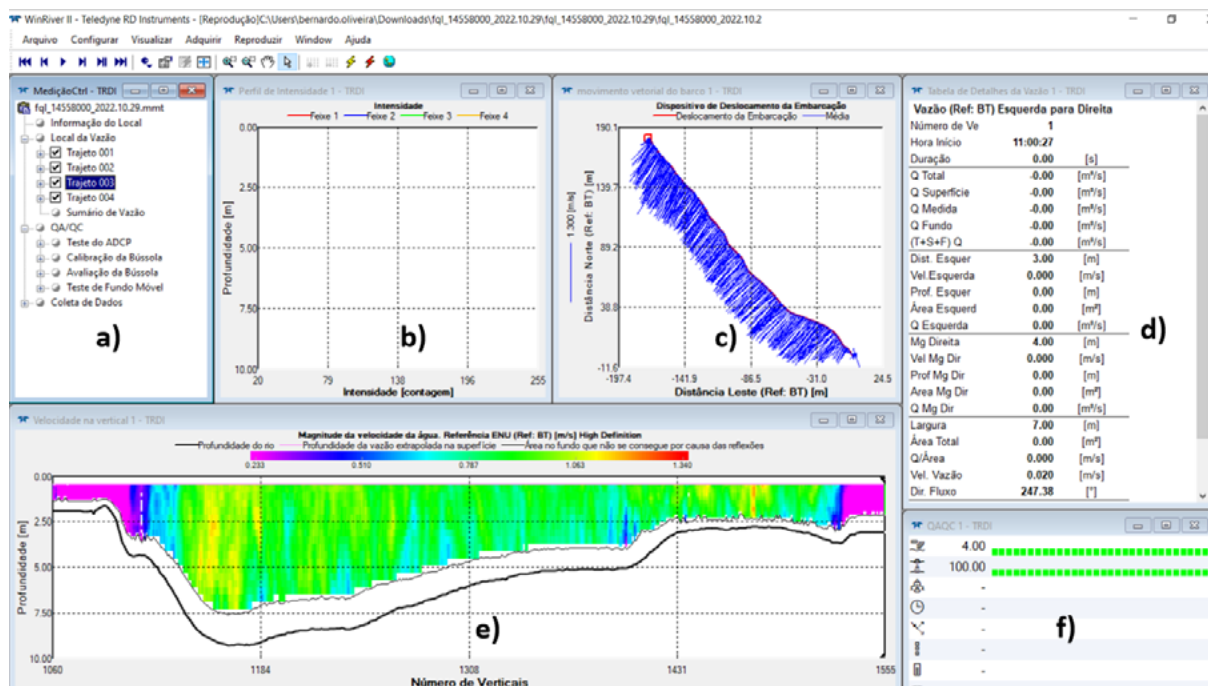
Figura 10 – Passos finais de instalação do programa



3.2 Área de trabalho do WinRiver II

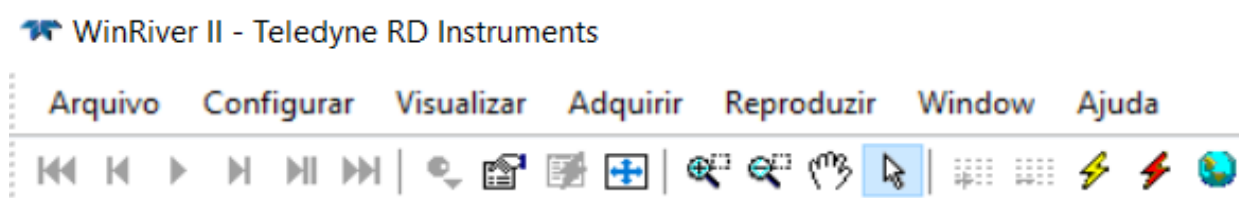
Neste item é apresentada área de trabalho padrão do *WinRiver II*, que é composta por seis janelas conforme Figura 11 e detalhamento abaixo.

Figura 11 – Área de trabalho do WinRiver II



A barra de ferramentas do *WinRiver II* localiza-se na parte superior da área de trabalho (Figura 12). Nela estão disponíveis todas as funções do programa, desde iniciar uma nova medição até o reprocessamento dos dados.

Figura 12 – Barra de ferramentas do WinRiver II

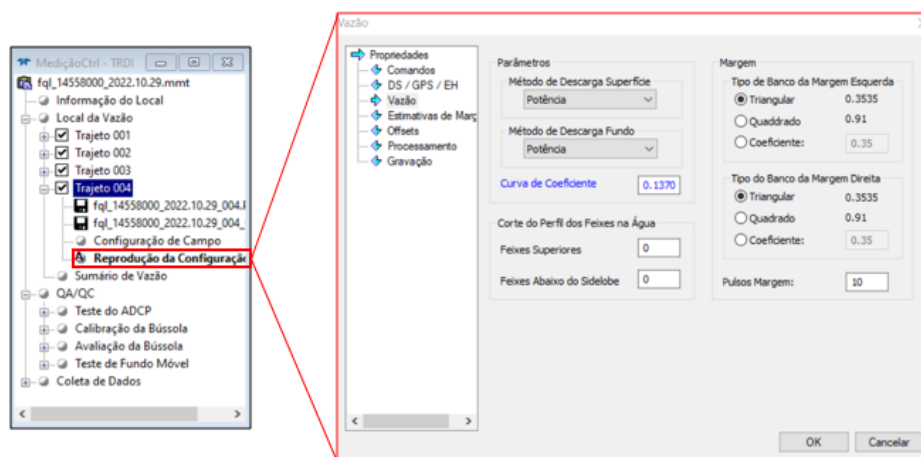


Os usos das principais ferramentas são apresentados no decorrer deste tutorial.

a. Janela de controle da medição

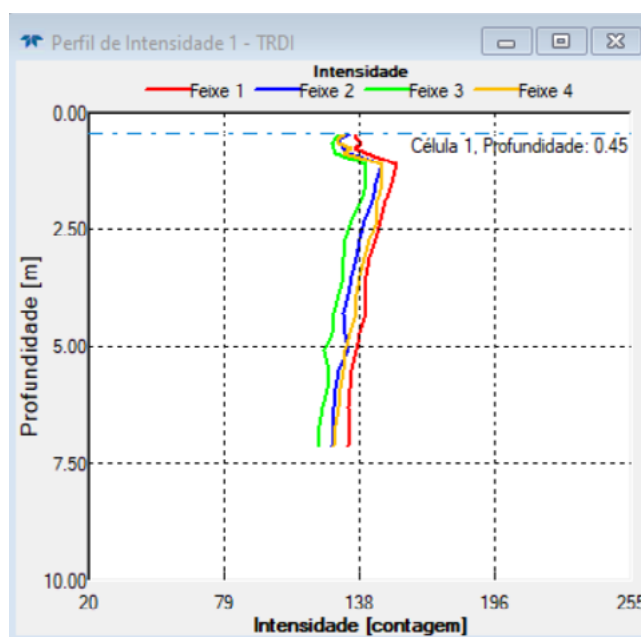
Essa janela oferece ao usuário uma maneira rápida e fácil para gerenciar os arquivos da medição. Ela usa uma estrutura de árvore, onde todos os arquivos gerados na medição podem ser acessados.

No pós-processamento, caso exista a necessidade de mudar alguma configuração da medição, ela pode ser feita acessando a opção “Reprodução da Configuração”, que fica disponível junto com o arquivo das travessias.

Figura 13 – Janela de controle da medição

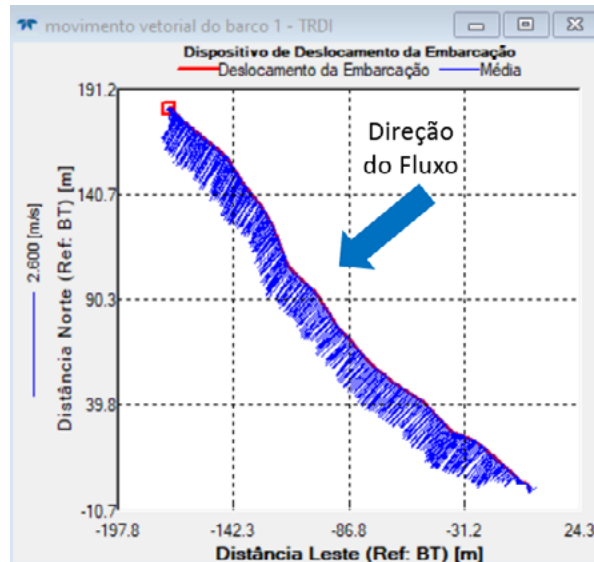
b. Gráfico de intensidade

Este gráfico exibe os perfis de intensidade para os quatro feixes do ADCP. Em condições normais de operação, eles devem ter uma intensidade similar. Caso um dos feixes esteja muito afastado dos demais (intensidade com valor muito diferente), pode indicar que há algum problema no equipamento ou barreira (bolha de ar, folhas, etc) que possa estar interferindo na medição.

Figura 14 – Janela do gráfico de intensidade dos feixes

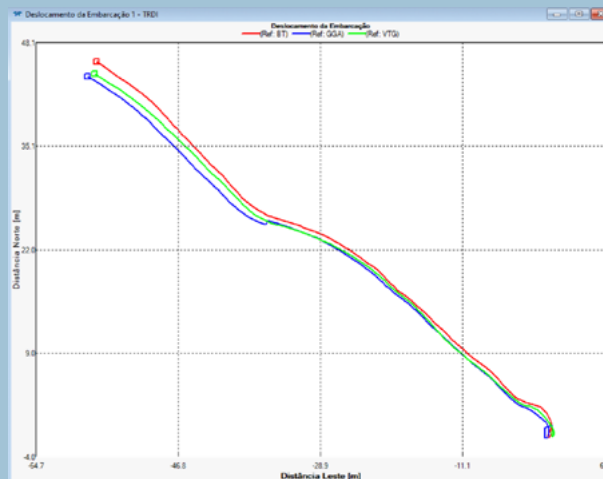
c. Gráfico “dispositivo de deslocamento da embarcação”

O gráfico apresenta a série temporal da posição relativa da embarcação com os vetores de magnitude da velocidade média da água por vertical. Nele é possível observar se o deslocamento da embarcação está sendo realizado de forma retilínea e transversal ao curso d'água e se os vetores de velocidade são perpendiculares ao trajeto da embarcação, que seria a condição recomendada para realização da medição.

Figura 15 – Janela do gráfico de deslocamento da embarcação

No *WinRiverII* há outro gráfico para visualização do deslocamento da embarcação. Nele é possível observar o deslocamento com as três referências de trajetos (BT, GGA e VTG) sem os vetores de magnitude média da velocidade da água.

Para acessar este gráfico, selecione a opção “visualizar” na barra de ferramentas, clique em “gráficos” e depois em “deslocamento da embarcação” e selecione a opção “deslocamento da embarcação”.

Figura 16 – Janela de deslocamento da embarcação com todas as referências de trajeto

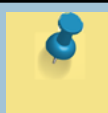
Na condição ideal para a medição, onde os dados de GPS e BT possuem boa qualidade, os deslocamentos das três referências devem ser paralelos e bem próximos.

Nos casos onde o deslocamento da embarcação com a referência BT (vermelho) possuir um viés direcional para montante quando comparado com as referências, é um indicativo de existência de fundo móvel no local.

d. Tabela de detalhes da vazão

No lado direito da área de trabalho padrão, é possível visualizar de forma resumida, o detalhamento dos dados medidos, como vazão (total, medida, topo, margens e fundo), velocidade média da água, área e largura.

Nesta tabela, os dados são exibidos por travessia, mas o resumo dos dados de todas as travessias pode ser observado na tabela de “Resumo de Descarga”, que pode ser acessada pela barra de ferramentas, na função “visualizar” ou no comando de atalho “F12”.



Recomenda-se substituir a “Tabela de Detalhes de Vazão” (padrão da área de trabalho) pela “Tabela Composta”, pois nessa tabela, além do resumo dos dados da travessia, há a classificação de verticais como ruins quando há dados inválidos do ADCP, GPS e sonda de profundidade.

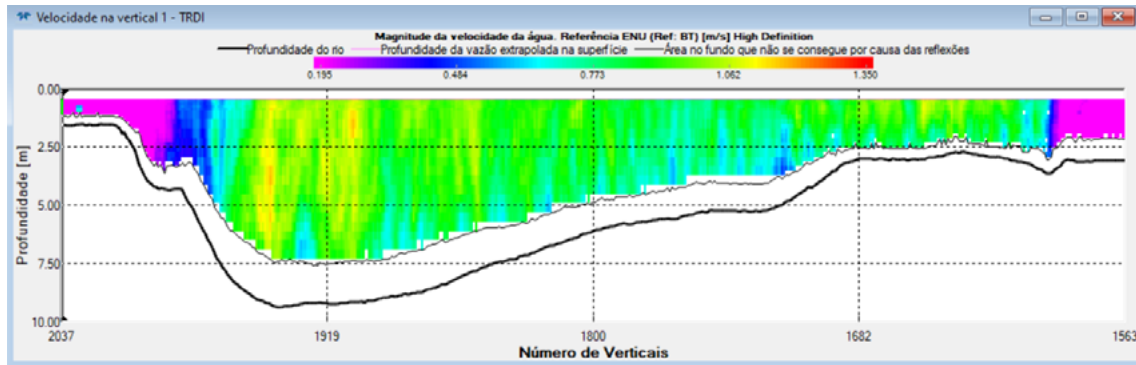
Figura 17 – Tabela composta

Tabela Composta 2 - TRDI		
N° Verticais	Número de Verticais	Vertical Perdida
151	42	0
Vertical Ruim	% Células Ruins	Intervalo de Tempo
1	0%	0.97
Outubro 29, 2022 10:47:48.63		
Pitch	Roll	Direção[°]
2.19°	-0.99°	338.67°
Temp.	Sensor de Press.	
29.63°C	Não Disponível	
Vazão (Ref: BT) Esquerda para Direita		
Células Boas	0	
Q Superfície	0.035	[m³/s]
Q Medida	0.091	[m³/s]
Q Fundo	0.065	[m³/s]
Q Esquerda	-0.017	[m³/s]
Q Mg Dir	0.000	[m³/s]
Q Total	0.174	[m³/s]
MBT Corrected Q		[m³/s]
Navegação (Ref: BT)		
Vel. Embarcação	RUIM	[m/s]
Direção da Embarcação	RUIM	[°]
Vel. Água	RUIM	[m/s]
Dir. Água	RUIM	[°]
VB Depth	2.962	[m]
Distância Trajeto	7.39	[m]
Distância MG	3.54	[m]
Curso MG	318.83	[°]
Duração	34.78	[s]
GeoRef Latitude		
GeoRef Longitude		
Latitude	3° 19.053764' N	
Longitude	60° 20.743446' W	

Para acessar esta tabela, selecione a opção “Tabela Composta” na função “Visualizar” da barra de ferramentas ou use o comando de atalho “F11”.

e. Gráfico de contorno com a distribuição das velocidades

Esse gráfico apresenta a magnitude da velocidade da água distribuída por vertical e por profundidade na seção transversal, em uma escala de cor onde as cores mais próximas do vermelho representam as maiores velocidades e as cores mais próximas do violeta representam as menores.

Figura 18 – Janela de magnitude da velocidade da água

Neste gráfico, também é possível visualizar outros dados como velocidade vertical, direção do fluxo, erro de velocidade da água, largura, entre outros. Para visualizar esses dados, é necessário clicar com o botão direito do mouse sobre a janela e selecionar a opção “seleção de dados”.

f. Janela QA/QC

A Janela QA/QC exibe a qualidade dos dados durante sua coleta ou reprocessamento. Ela usa uma escala de cores para representar a qualidade do dado, onde o verde é bom, laranja é regular e vermelho é ruim.

Figura 19 – Janela QA/QC

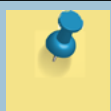
Tabela 4 – Descrição dos dados e limites da janela QA/QC

Ícone	Nome	Descrição	Limites
	BT Status	Número de feixes usados para o cálculo da velocidade	Dois feixes (ruim) Três Feixes (regular)
	WT Status	Número de células com erro de velocidade	$n < 50\%$ (ruim) $50\% > n > 90\%$ (regular)
	Vertical Ruim	Número de verticais ruins em um conjunto de dados	$n > 10$ (ruim) $10 > n > 5$ (regular)
	Duração	Tempo acumulado por trajeto	$n < 90s$ (ruim) $90s < n < 180s$ (regular)
	Boat/Water ratio*	Razão entre velocidade do barco e velocidade da água	$r > 2$ (ruim) $2 > r > 1$ (regular)
	% Good Bins	Porcentagem de células boas em um conjunto de dados	$n < 80\%$ (ruim) $80\% < n < 90\%$ (regular)
	Tensão da Bateria	Tensão da bateria em relação aos limites definidos	$t < 9V$ (ruim) $9V < t < 10V$ (regular)
	Beam separation**	Ângulo médio de separação de feixe por vertical	$\phi > 15^\circ$ (ruim) $15^\circ > \phi > 7,5^\circ$ (regular)



*** É recomendado que a velocidade do barco seja menor do que a da água.**

**** O aumento no grau de separação dos feixes pode indicar a passagem de um peixe, obstrução, como bolha de ar ou sujeira, ou mesmo que o equipamento está danificado.**



Os parâmetros de classificação dos dados supracitados foram definidos pelo fabricante, mas tanto eles quanto os dados que são exibidos na janela QA/QC podem ser redefinidos pelo usuário. Para fazer isso, clique em QA/QC na função “configurar” da barra de ferramentas.

4 Montagem do equipamento

As medições com *RiverRay* podem ser realizadas usando o Trimarã ou um suporte adaptado à embarcação, conforme ilustrado na Figura 20, onde são mostrados (a) o *RiverRay* montado no Trimarã e (b) *RiverRay* montado em um suporte de alumínio utilizado em barcos regionais da bacia Amazônica.

Figura 20 – Exemplos de arranjos de montagem do *RiverRay* (a) o *RiverRay* montado no Trimarã e (b) *RiverRay* montado em um suporte de alumínio



O Trimarã é um flutuador projetado para manter o transdutor em uma profundidade constante durante a coleta dos dados sem causar interferência significativa no padrão de escoamento.

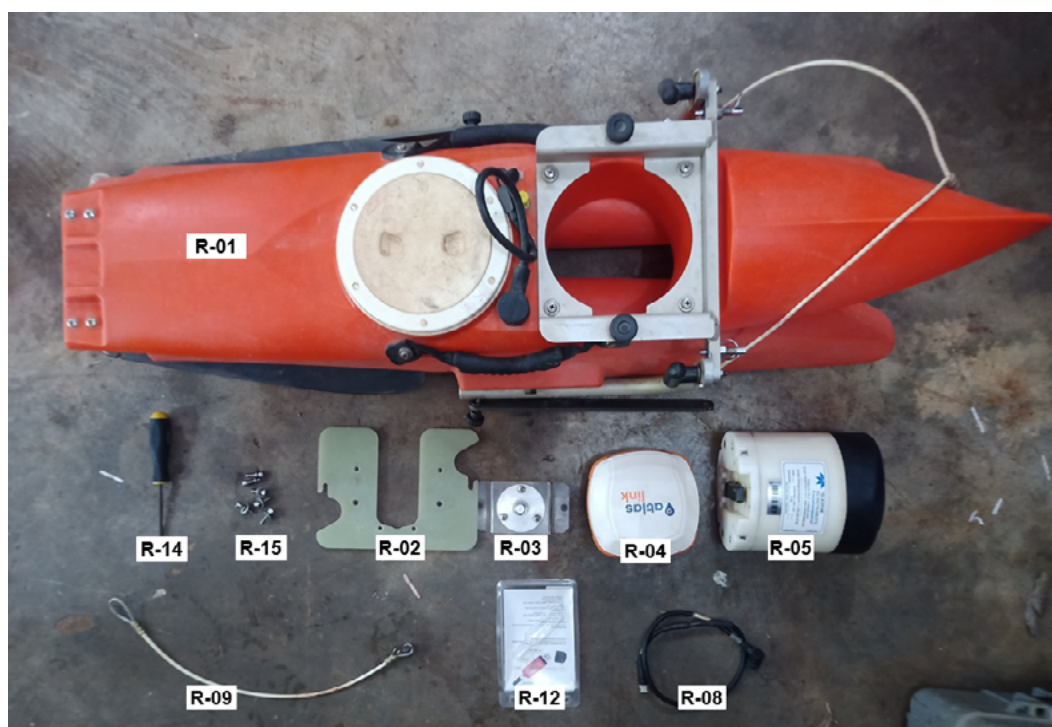
Na ausência do Trimarã ou caso exista necessidade de coleta de dados com o transdutor mais profundo, pode-se adotar como alternativa um suporte de alumínio (ou outro material não magnético) adaptado para medições na lateral de outros tipos de embarcações.

4.1 Montagem do *RiverRay* no Trimarã

Os itens necessários para a montagem do *RiverRay* no Trimarã estão detalhados na Tabela 5 e ilustrados na Figura 21.

Tabela 5 – Descrição dos itens para montagem do transdutor no Trimarã

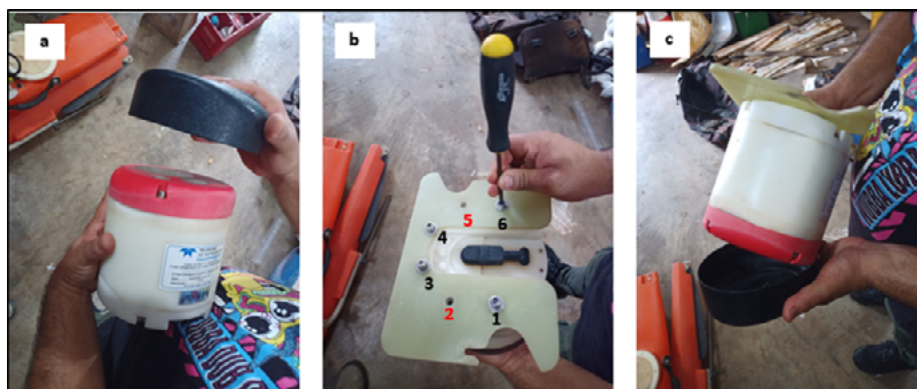
Número	Descrição
R-01	Trimarã
R-02	Placa de montagem (acrílico)
R-03	Suporte da antena GNSS
R-04	Antena GNSS (AtlasLink)
R-05	Transdutor <i>RiverRay</i>
R-08	Cabo da antena GNSS
R-09	Cabo de segurança
R-10	Bateria 12V
R-12	Dispositivo <i>Bluetooth</i>
R-14	Chave allen
R-15	Parafusos

Figura 21 – Itens para montagem do *RiverRay* no Trimarã

A seguir são descritas as etapas para a montagem do equipamento (os números indicados entre parênteses se referem aos itens da Tabela 5).

Montagem do transdutor na placa de acrílico

- Retire a capa de proteção da cabeça do transdutor;
- Instale a placa de montagem (item R-02) na extremidade do corpo do transdutor (item R-05) com o auxílio dos parafusos (item R-15) que acompanham o equipamento. Deixe para inserir os parafusos 2 e 5 quando for instalar o suporte da antena GNSS (ver item g);
- Em seguida, coloque novamente a capa de proteção no transdutor, para evitar danos no equipamento durante o processo de montagem;

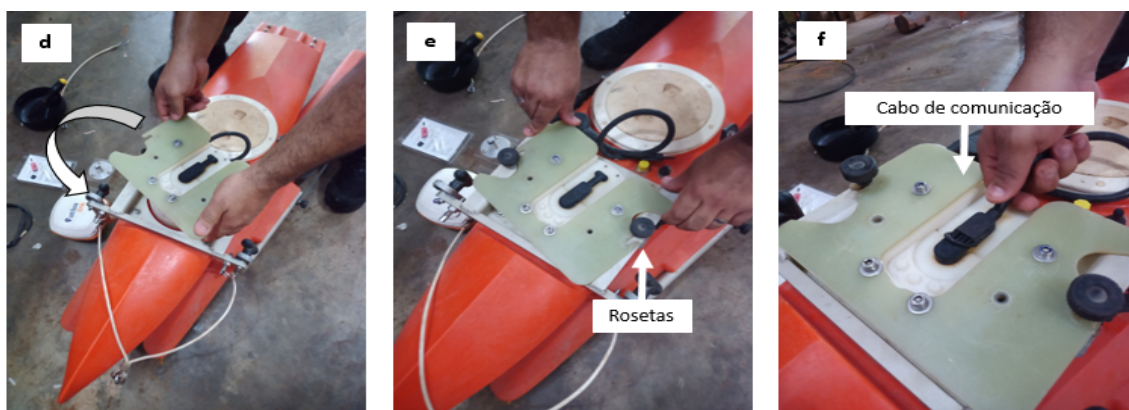
Figura 22 – Montagem do transdutor na placa de acrílico

Acoplamento do transdutor no trimarã

- Insira o transdutor acoplado a placa de montagem no compartimento próprio no Trimarã (item R-01);

- e. Gire a placa de montagem no sentido anti-horário e aperte as rosetas;
- f. Conecte o transdutor no cabo de comunicação (item R-08);

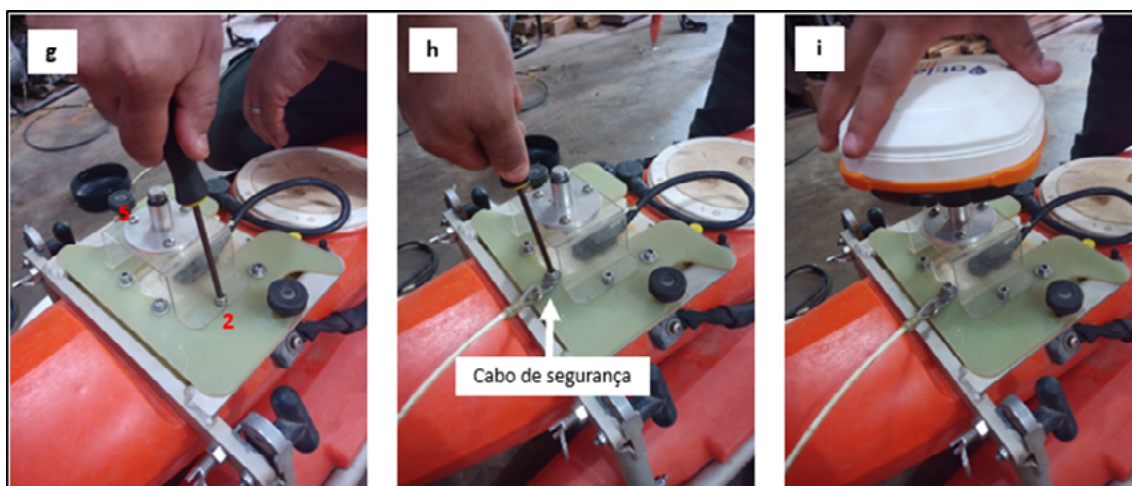
Figura 23 – Acoplagem do transdutor no trimarã



Montagem da antena GNSS e do cabo de segurança

- g. Instale o suporte da antena GNSS (item R-03), nos parafusos 2 e 5 da placa de montagem;
- h. Conecte uma das extremidades do cabo de segurança (item R-09) em um dos parafusos da placa de montagem;
- i. Instale a antena GNSS (item R-04) em seu suporte (item R-03);

Figura 24 – Montagem da antena GNSS e do cabo de segurança



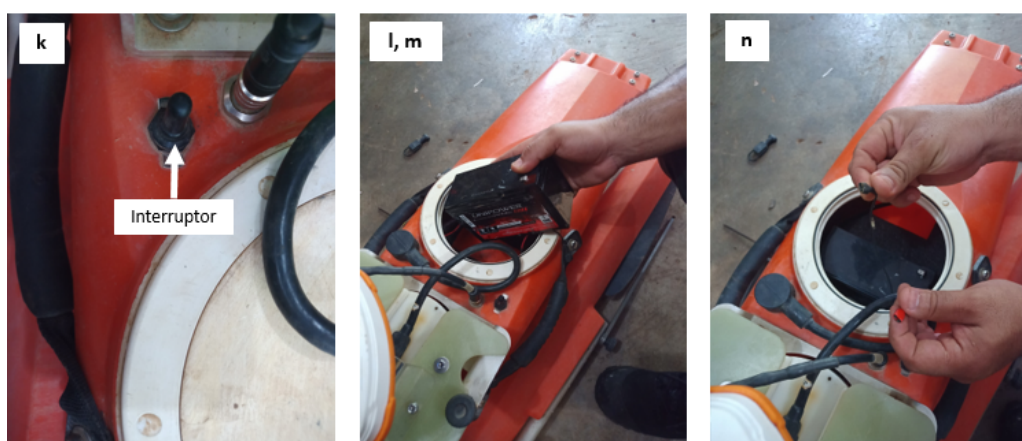
Conexão do cabo de comunicação

- j. Conecte uma das extremidades do cabo de comunicação (item R-08) na antena GNSS (item R-04) e a outra extremidade na entrada de comunicação específica do Trimarã (geralmente com uma tampa de proteção amarela);

Figura 25 – Conexão do cabo de comunicação

Conexão da bateria ao equipamento

- k. Desligue o interruptor de energia;
- l. Abra a tampa circular do compartimento, girando no sentido anti-horário;
- m. Coloque a bateria 12V (item R-10) dentro do compartimento; e
- n. Conecte os cabos de alimentação do Trimarã na bateria.

Figura 26 – Instalação da bateria

Após concluir os passos supracitados, conclua a montagem do equipamento fechando a tampa circular.

4.2. Montagem do suporte adaptado para a embarcação

Na impossibilidade de usar o Trimarã, as medições também podem ser realizadas com um suporte adaptado para a instalação do equipamento acústico na lateral da embarcação.

O suporte deve ser fabricado preferencialmente em alumínio ou outro metal não ferroso, de modo a interferir o mínimo possível no campo magnético local e, consequentemente, nos dados da bússola do equipamento. A Figura 27 mostra na esquerda, um suporte adaptado a um bote de alumínio e, na direita, um suporte adaptado à embarcação regional utilizada na bacia Amazônica.

Figura 27 – Suporte adaptado instalado na lateral da embarcação



Os itens que geralmente fazem parte do suporte adaptado estão detalhados na Tabela 6 e ilustrados na Figura 28.

Tabela 6 – Descrição dos itens para montagem do transdutor no suporte

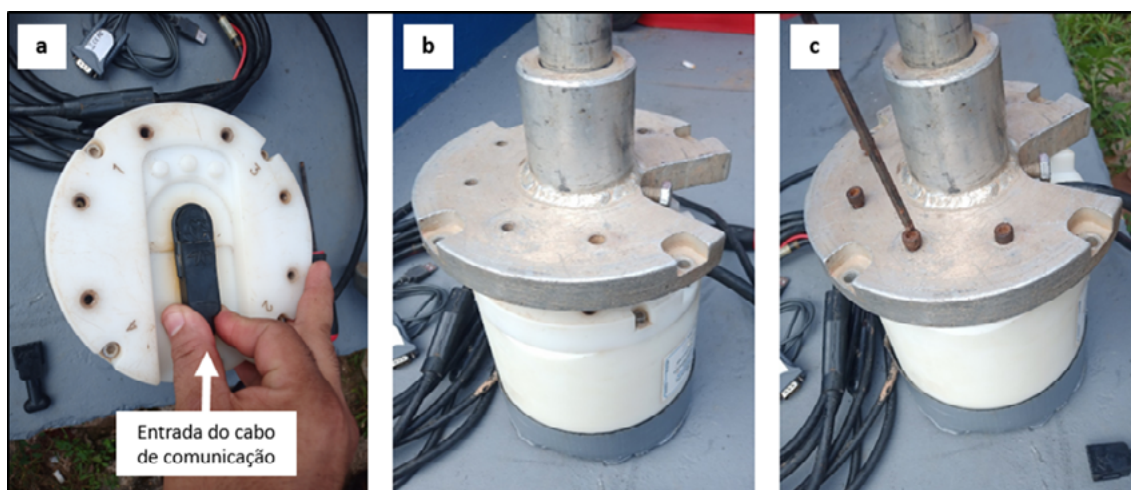
Número	Descrição
1	Haste de fixação do transdutor e antena GNSS
2	Suporte de acoplamento da haste na embarcação
3	Bateria 12V (P/ receptor GNSS)
R-15	Parafusos
R-14	Chave allen
R-05	Transdutor <i>RiverRay</i>
R-04	Antena GNSS (AtlasLink)
R-10	Bateria 12V (P/ <i>RiverRay</i>)
R-06	Cabo de comunicação do <i>RiverRay</i> (I/O)
R-07	Cabo de comunicação externa GNSS (I/O)

Figura 28 – Itens para montagem do *RiverRay* no suporte adaptado

A seguir são descritas as etapas para a montagem do equipamento (os números indicados entre parênteses se referem aos itens da Tabela 6).

Fixação do *RiverRay* na haste

- Encaixe o cabo de comunicação (item R-06) na entrada do conector do *RiverRay*;
- Alinhe os furos da haste de fixação (item 1) com a furação do *RiverRay*;
- Insira os seis parafusos (item R-15) e aperte com a chave allen (item R-14);

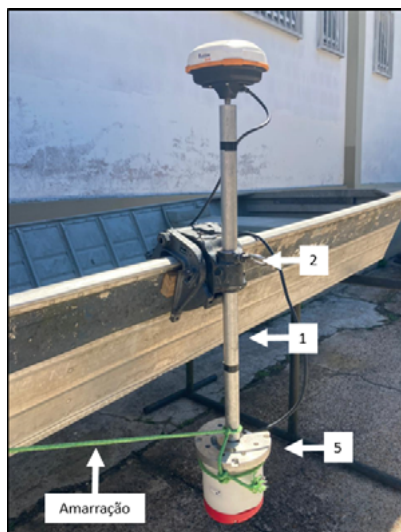
Figura 29 – Esquema de fixação do *RiverRay* na haste

Acoplagem da haste na embarcação

- O suporte (item 2) deve ser acoplado na lateral da embarcação;
- A haste de fixação do transdutor (item 1), já com o equipamento instalado, deve ser inserida no suporte (item 2) e ajustada conforme o calado da embarcação;

- f. Para amenizar a trepidação da haste, é recomendado que se faça a amarração dela com uma corda, esticada no sentido da proa da embarcação;

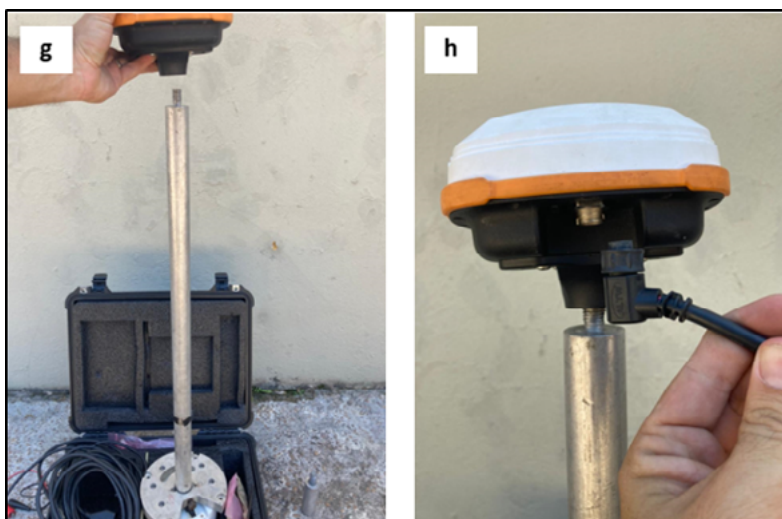
Figura 30 – Suporte instalado na lateral da embarcação



Instalação da antena GNSS

- g. Instale a antena GNSS (item R-04) na extremidade superior da haste de fixação (item 1); e
- h. Conecte o cabo de comunicação da antena GNSS (R-07).

Figura 31 – Instalação da antena GNSS



Após o término da montagem do transdutor no suporte adaptado, os cabos de comunicação do ADCP e da antena GNSS devem ser ligados no computador e posteriormente alimentados com uma bateria de 12V.

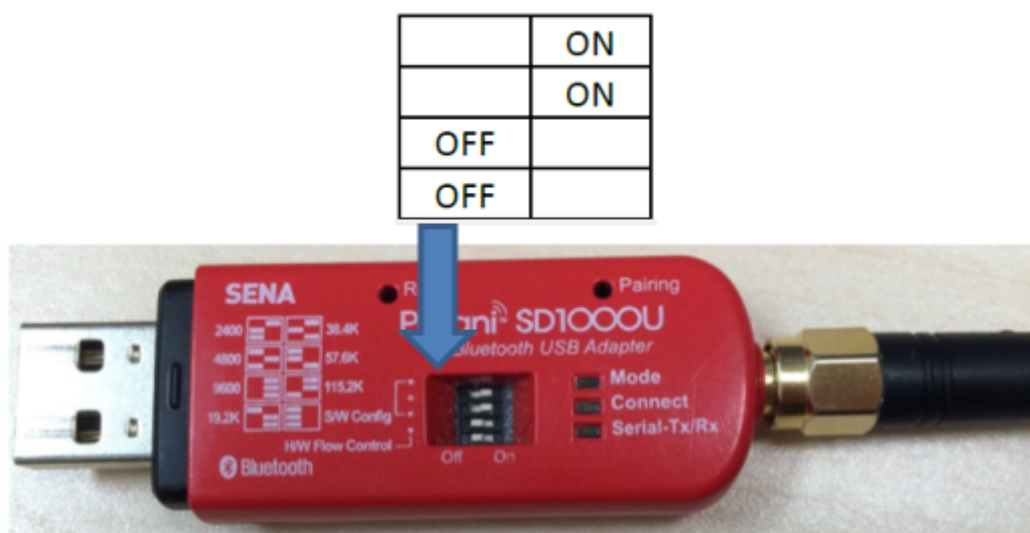
5 Comunicação e conexões

Este capítulo apresenta os procedimentos necessários para realizar a comunicação e conexão do *RiverRay* com o notebook. Dois tipos de conexões são possíveis: via *blue-tooth*, com o uso do Trimarã, ou via cabo de comunicação, quando o equipamento é utilizado com o suporte adaptado.

5.1 Conexão via Bluetooth

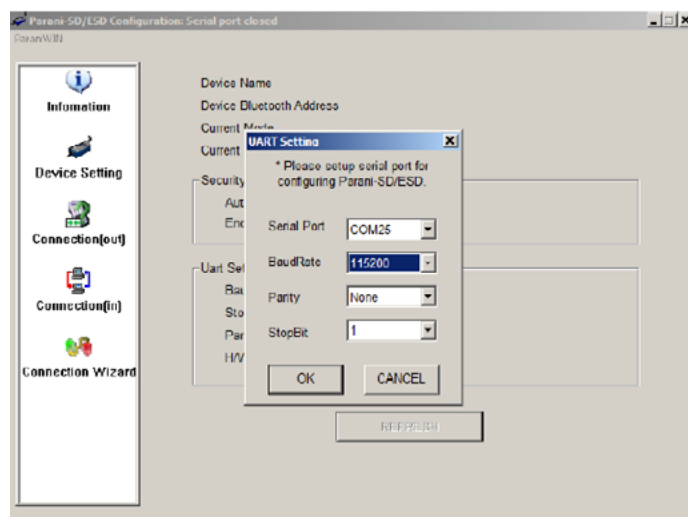
A comunicação via *bluetooth* é feita através de um adaptador USB (Parani SD1000U). Esse dispositivo precisa ser configurado antes do seu primeiro uso. O primeiro passo consiste na configuração física, em que as “chaves” precisam ser posicionadas de forma que a velocidade de comunicação habilitada seja 115200 (figura 32).

Figura 32 – Posicionamento das chaves no Parani SD1000U para configuração da velocidade de comunicação em 115200

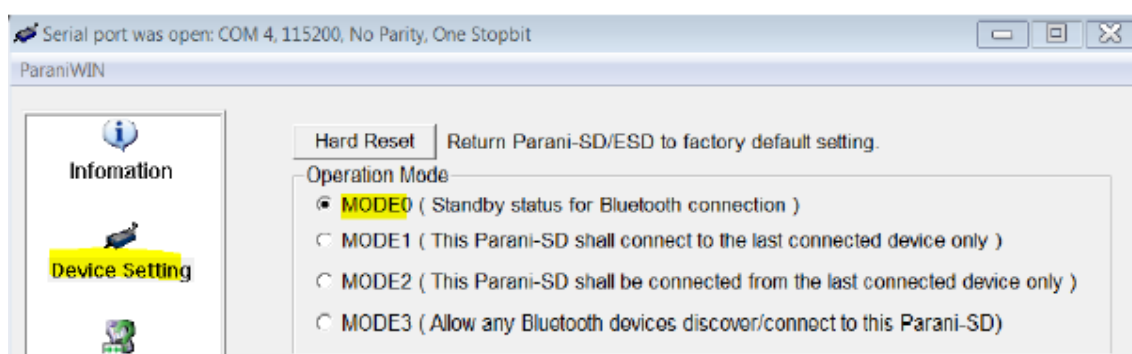


Após a configuração física, será necessário configurar a comunicação via *bluetooth* no *software* ParaniWin do próprio dispositivo. Para sua configuração, é necessário executar os seguintes passos:

- Conectar o dispositivo *bluetooth* (Parani SD1000U) em uma das portas do notebook e identificar o número da porta;
- Ligar o interruptor de energia do Trimarã;
- Abrir o programa ParaniWin clicando duas vezes no ícone na área de trabalho. Na janela de configuração do dispositivo (Figura 33), selecione a porta COM em que ele está conectado e a taxa de transmissão de 115200. As outras opções desta janela ficam como *default*.

Figura 33 – Tela de configuração do ParaniWin

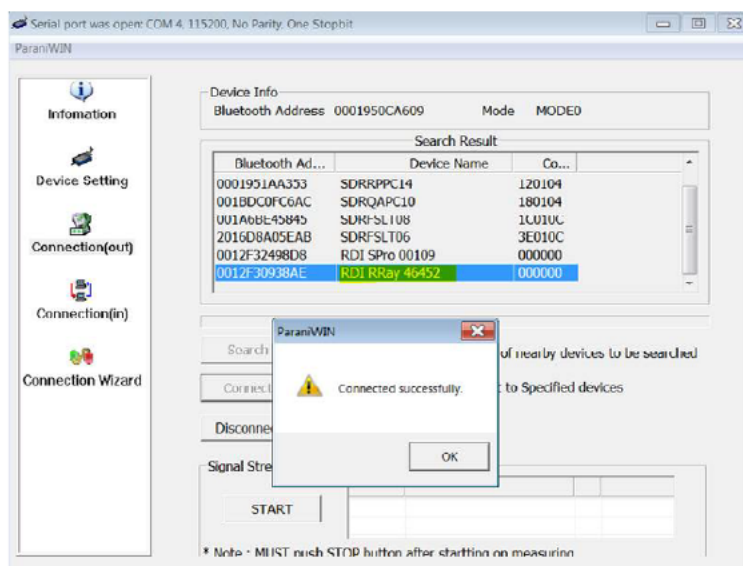
Em seguida, será necessário configurar o modo de operação na janela “*Device Setting*”. Na primeira vez que o dispositivo for utilizado no computador, deve-se selecionar o Modo 0 (Figura 34).

Figura 34 – Janela de seleção do modo de operação no ParaniWin

Após a primeira vez, é possível escolher o modo de operação mais indicado, conforme a necessidade:

- Modo 0: Indicado quando o dispositivo *bluetooth* for utilizado para comunicar com outros *RiverRays*;
- Modo 1: Indicado quando o dispositivo *bluetooth* for utilizado sempre com o mesmo *RiverRay*.

O último passo consiste na realização da conexão entre o dispositivo com o ADCP. Para isso, selecione “*Connection (out)*” e posteriormente clique em “*Search*”. No resultado da pesquisa (*search*), selecione o *RiverRay* e clique em “*Connect*”. Aparecerá uma mensagem “*Connected successfully*” indicando que o ADCP foi conectado com sucesso (Figura 35).

Figura 35 – Janela de conexão do dispositivo com o *RiverRay*

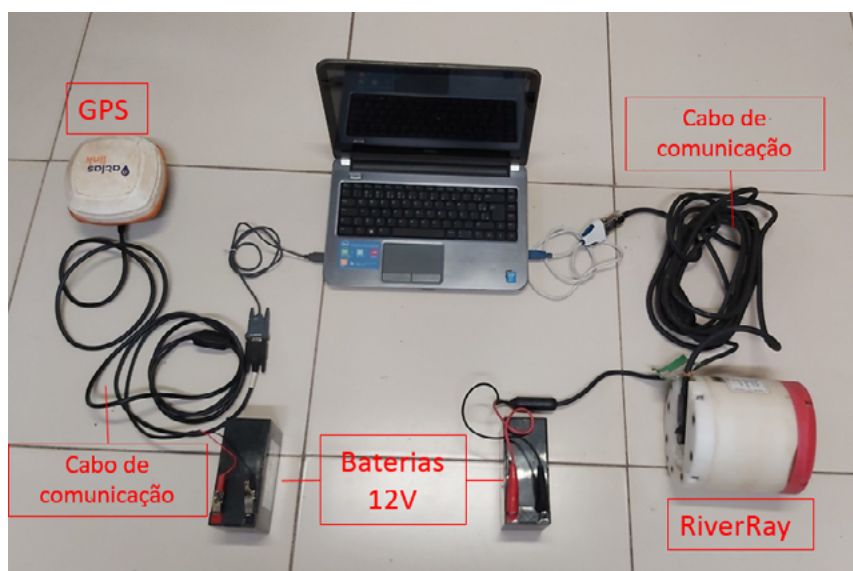
Com a conexão estabelecida, feche o programa ParaniWin. Se ele permanecer aberto, não será possível estabelecer a comunicação entre o programa de medição (*WinRiver II*) e o *RiverRay*, pois a porta de comunicação estará ocupada.



Sempre use um extensor de cabo USB, para evitar danos na porta de comunicação ou no conector do dispositivo *bluetooth*.

5.2 Conexão via cabo de comunicação

Este tipo de comunicação geralmente é utilizado quando o *RiverRay* é instalado em um suporte na lateral da embarcação. Neste caso, utilizam-se dois cabos de comunicação, um entre o transdutor e o computador e um entre o GNSS e o computador (Figura 36).

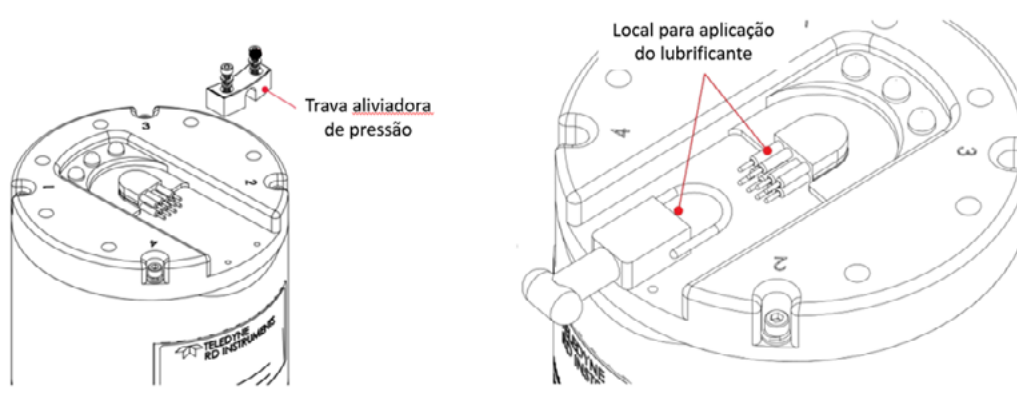
Figura 36 – Esquema de conexão dos cabos de comunicação

5.2.1. Conexão do cabo de comunicação do RiverRay

Para a conexão do cabo de comunicação e alimentação do *RiverRay*, devem ser seguidos os seguintes passos:

- Verifique se todos os pinos estão em boas condições de funcionamento, sem sinais de corrosão;
- Passe uma pequena quantidade de lubrificante de silicone nos pinos macho e no conector fêmea, para facilitar a conexão;
- Conecte o cabo de comunicação no conector de entrada do *RiverRay*; e
- Instale a peça responsável pelo alívio de pressão do cabo.

Figura 37 – Detalhes da trava aliviadora de pressão, dos conectores e dos locais para aplicação do lubrificante.



Fonte: Adaptado do Manual do RiverRay (2019).



É necessário aplicar o lubrificante antes de cada conexão. Quando o cabo é conectado sem a lubrificação, a força aplicada pode danificar o conector. Os principais problemas provenientes desse dano são:

- O conector do transdutor pode soltar completamente;
- O anel de vedação (*O-ring*) na parte inferior do conector da tampa pode soltar;
- O uretano moldado no conector pode separar da tampa.

Qualquer desses danos podem comprometer a vedação do transdutor. Entrada de água no equipamento irá danificá-lo permanentemente.



Use apenas lubrificantes a base de silicone, NUNCA use lubrificantes a base de petróleo;

Após a lubrificação, limpe os excessos de lubrificantes dos pinos do conector;

Durante a conexão do cabo de comunicação, não faça movimentos para cima e/ou para baixo, nem use a parte do cabo como apoio para fazer força. Insira sempre na posição horizontal e usando o conector como apoio.

A alimentação (energia) do *RiverRay* é realizada pelo mesmo cabo de comunicação. Nele há dois conectores que devem ser encaixados em uma bateria de 12V.

- Encaixe o conector preto (-) no polo negativo da bateria e o vermelho (+) no polo positivo;
- Verifique se os LEDs vermelho e verde do transdutor estão acesos. Neste momento o equipamento realiza o autoteste, onde o LED vermelho irá apagar e o LED verde irá piscar duas vezes e permanecer aceso.



Para melhor compreensão do diagnóstico de LEDs do equipamento, leia o item 7.2 deste manual.

5.2.2 Conexão do GNSS

O GNSS, quando for utilizado sem o auxílio do Trimarã, deve ser conectado ao computador por meio de um cabo de comunicação. A conexão é similar ao do transdutor, onde o cabo de comunicação deve ser conectado a uma porta do computador e o cabo de alimentação a uma bateria (Figura 36).



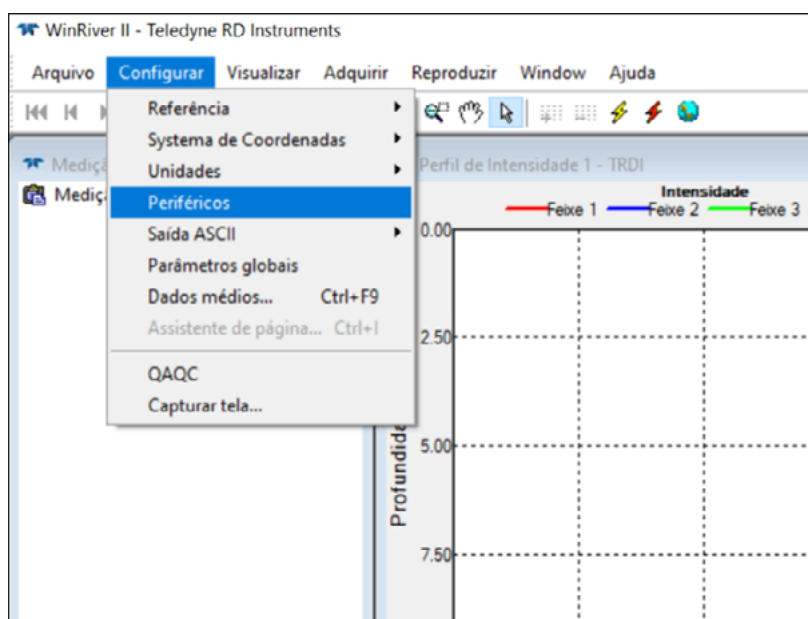
Quando o *RiverRay* for utilizado com o Trimarã, a comunicação do GPS vai ser interna, usando a mesma porta do dispositivo *bluetooth*. Quanto ele for usado com o suporte adaptado, a comunicação é externa, com uma porta específica para o GPS. No item 5.6 está descrito como estabelecer a conexão com o GPS.

5.3 Comunicação do RiverRay com o notebook

A comunicação entre o transdutor e o notebook é realizada pelo programa de medição e processamento de dados do fabricante, *WinRiver II*. Após a conexão dos cabos de comunicação ou do *bluetooth*, é necessário confirmar se a comunicação entre o *RiverRay*/GNSS foi estabelecida com o notebook.

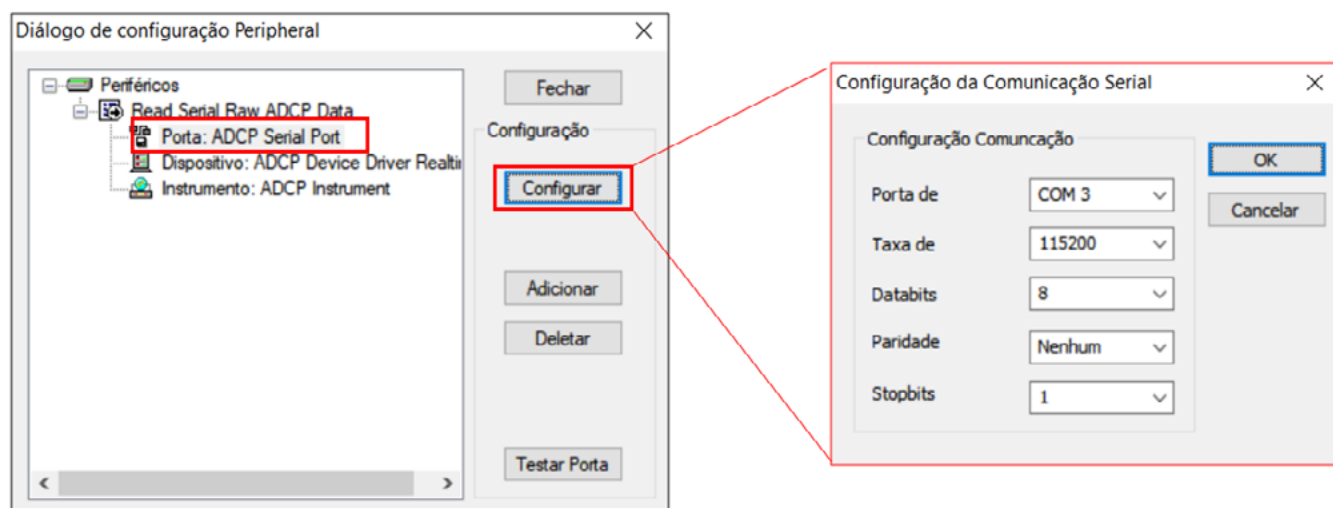
Para essa confirmação é necessário executar os seguintes passos:

- Abra o programa *WinRiver II*, clicando duas vezes em seu ícone na área de trabalho;
- Na barra de ferramentas, acesse a opção “configurar” e posteriormente clique em “Periféricos”;

Figura 38 – Função periféricos da barra de ferramentas

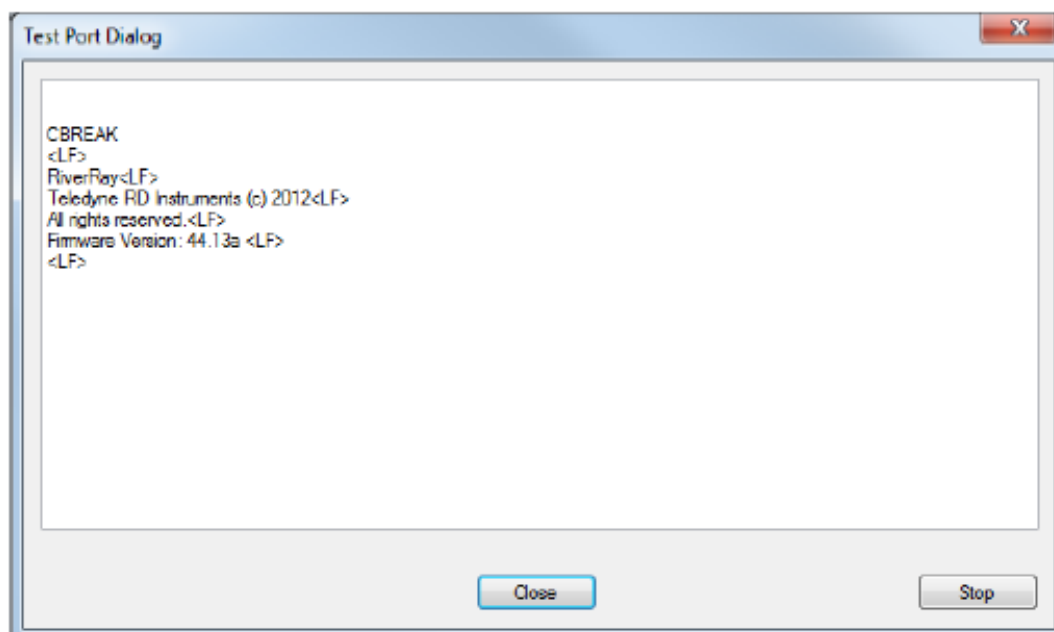
Após abrir a janela de diálogo da configuração de periféricos, clique em “Porta: ADCP Serial Port” e em seguida em “Configurar”;

- Na janela de configuração da comunicação serial, selecione a porta em que o equipamento está conectado. A “Taxa de comunicação” deve ser definida como 115200, “Databits” como 8, “Paridade” como “Nenhuma” e “setbits” como 1. Em seguida clique em “OK”;

Figura 39 – Janela de configuração dos periféricos

- Na janela de diálogo, clique em “Testar Porta”. Se a comunicação entre o ADCP e o WinRiver estiver estabelecida, abrirá uma janela com a mensagem CBREAK e informações sobre o modelo do equipamento, fabricante e versão do *firmware* (Figura 40).

Figura 40 – Janela de teste da porta de diálogo com a mensagem de confirmação da comunicação

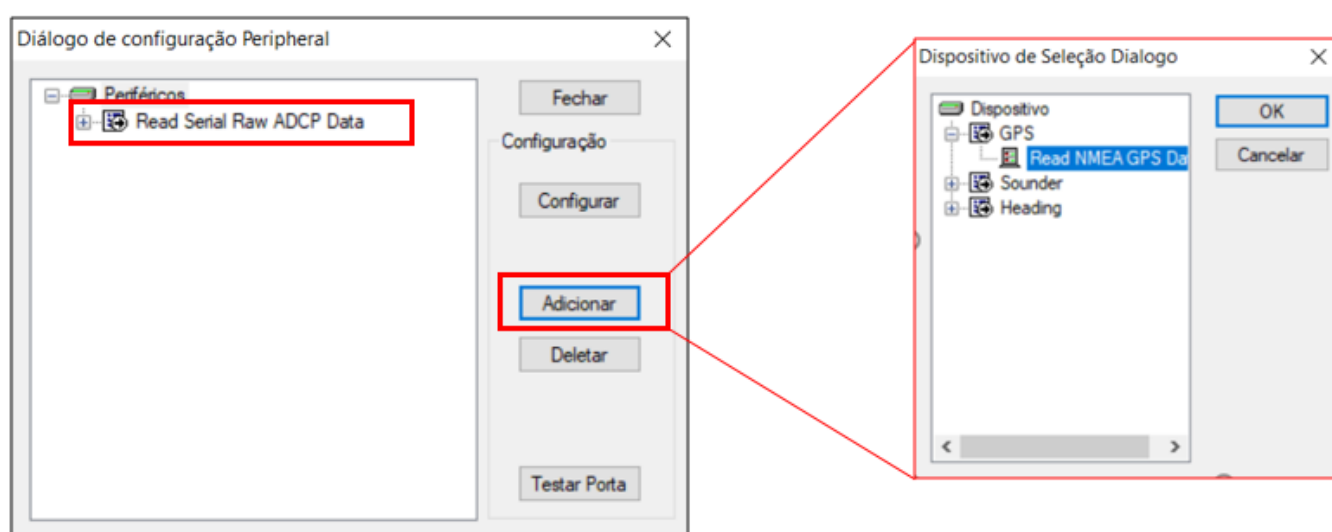


5.4 Comunicação do RiverRay com o dispositivo GNSS

Assim como o *RiverRay*, a comunicação com o GNSS é realizada pelo mesmo programa (*WinRiver II*). O procedimento de comunicação com o GNSS detalhado abaixo é o mesmo que deve ser adotado quanto a utilização de outros periféricos, como o eco-batímetro e a bússola externa.

- Na barra de ferramentas do *WinRiver II*, acesse a opção “configurar” e posteriormente clique em “Periféricos”;
- Na janela de diálogo dos periféricos, clique em adicionar e posteriormente selecione o dispositivo “GNSS”, clicando em “Read NMEA GNSS Data” e OK.

Figura 41 – Janela de configuração de periféricos (Adicionar periféricos)

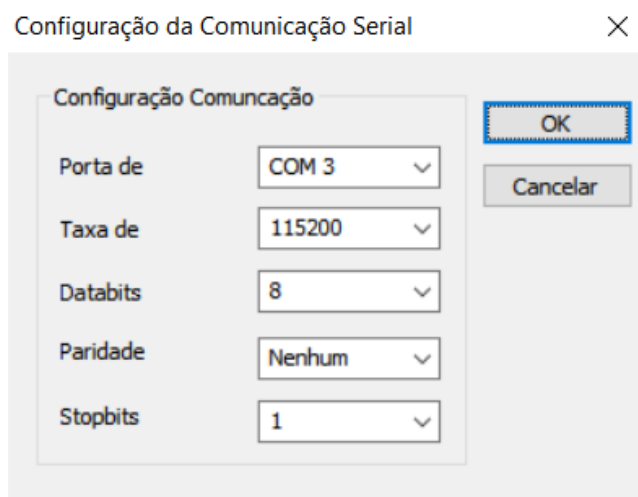


- Na janela de configuração da comunicação serial, selecione a porta em que o GNSS está conectado. A “Taxa de comunicação” deve ser definida como 115200, “Data-bits” como 8, “Paridade” como “Nenhuma” e “Stopbits” como 1. Em seguida clique em “OK”.



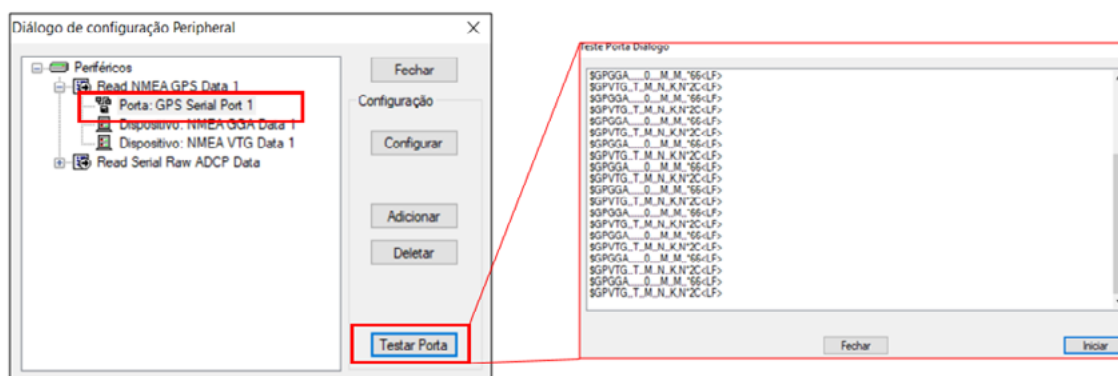
É recomendado que a taxa de comunicação do RiverRay e a antena GNSS seja a mesma (115200), portanto, qualquer antena GNSS deve ser configurada para essa taxa.

Figura 42 – Janela de configuração da comunicação serial



- Após concluir a configuração da comunicação com o GNSS, na janela de configuração de periférico, selecione o GNSS e clique em testar porta. Se a comunicação estiver estabelecida, abrirá uma janela mostrando os dados (GGA/VTG) que estão sendo adquiridos pelo GNSS.

Figura 43 – Janela de teste de porta com a mensagem de confirmação da comunicação com o GNSS



Após a conclusão do teste dos periféricos, feche todas as janelas para iniciar a medição.

6 Medição da descarga líquida

O objetivo deste capítulo é apresentar de forma concisa os passos necessários para realização da medição de descarga líquida com o *RiverRay* utilizando o programa *WinRiver II*.

Embora sejam apresentados neste capítulo os principais critérios de qualidade da medição específicos do *RiverRay*, a leitura deste capítulo deve, necessariamente, ser complementada com a leitura do documento principal “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico (ADCP)” que apresenta a fundamentação teórica necessária para tomada de decisão nas situações não explicitadas neste capítulo.



O procedimento de medição de descarga líquida com equipamento acústico é composto por três etapas. A primeira, aqui denominada de pré-medição, consiste na identificação dos dados, na realização dos testes do equipamento, calibração da bússola e verificação da existência da condição de fundo móvel.

A segunda etapa é definida pela coleta dos dados (travessias) que são utilizados para o cálculo da vazão e a terceira e última etapa consiste no pós-processamento dos dados coletados.

Abaixo são descritas todas as etapas para realização da medição.

6.1 Pré-medição

6.1.1 Seleção do local

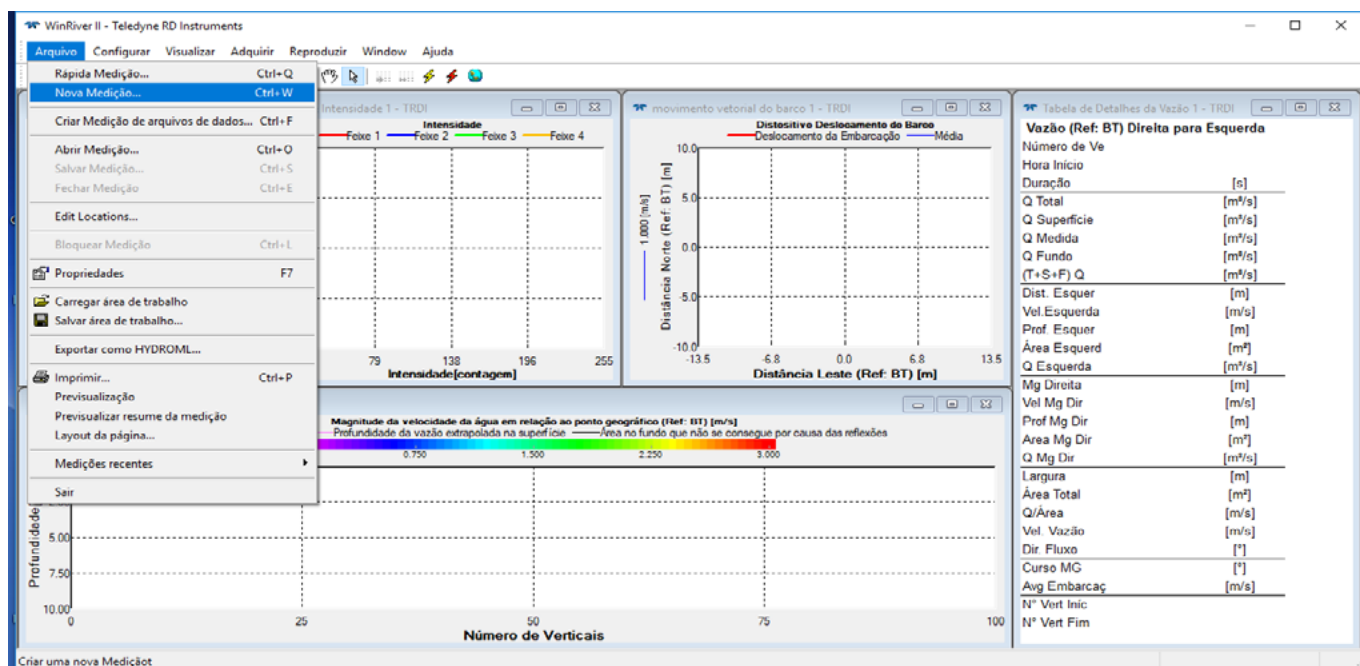
Na operação da RHN, a recomendação é que a medição seja realizada no mesmo local da seção de réguas. Porém, se este não for o melhor lugar para a realização da coleta de dados, a medição poderá ser realizada em outro local, desde que o profissional de campo avalie a situação tendo em vista as recomendações do item 5.1.1 do documento “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)*”.

6.1.2 Identificação e configuração da medição

Esse item consiste na configuração e identificação do dado que será coletado. Para isso, deve-se primeiramente realizar a montagem do *RiverRay* conforme descrito no capítulo 4 deste manual e seguir os seguintes passos:

- Na barra de ferramentas do *WinRiver II*, selecione “Arquivo” e clique em “Nova Medição” (Figura 44);

Figura 44 – Área de trabalho do WinRiver II (Iniciando uma nova medição)



- Em seguida, abrirá uma caixa de configuração de Informação do Local onde devem ser inseridas todas as informações para identificação da medição.

Figura 45 – Janela de configuração da medição (informação do local)

Caixa de Configuração

Tela de Medição
Informação do Local

Dados da Estação

Nome da Estação: Manacapuru
Número da Estação: 14100000 Data da Medição: 24/05/2019
Nome do Rio: Solimões Número da Medição: 210

Dados da Agência

Agência: CPRM
País: BRASIL
State: AMAZONAS
País: BRASIL
Distrito: AM
Unidade: MANAUS

Dados da Parte de Campo

Equipe de Campo: Nailde e Fábio
Processado por: Bernardo Oliveira
Tipo de Implantação: Barco tripulado
Barco/Motor: Yane José 160 hp
Localização da: Na seção de medição
Guia de Referência:

Observações:

\\Cota: 1620 cm
Dia com muitos ventos e banzeiros (ondas)



Orientações quanto ao preenchimento dos campos:

Nome da Estação: nome da estação conforme inventário;

Número da estação: código da estação com 8 dígitos;

Nome do rio: nome do rio em que a estação está localizada;

Número da medição: Número da medição com base na série histórica das medições inseridas no banco de dados Hidro da RHN;

Agência: nome da instituição responsável pela coleta da informação;

País: país que a instituição responsável está localizada;

Equipe de Campo: Nomes dos responsáveis pela medição;

Processado por: Nome do responsável pela análise da medição (pode ser o mesmo técnico que realizou a medição);

Tipo de Implantação: preencher com OUTROS.

Barco/Motor: digitar o tipo de barco e potência motor.

Exemplos: Bote/15HP, Barco regional/160HP, etc.

Se não for utilizado barco, seguem alguns exemplos: Bote/cabo, Prancha/corda, Prancha/corda/ponte, etc.

Localização: Inserir o local da medição da descarga líquida. Se ela for realizada fora da seção de réguas, informar a distância que ela foi realizada da seção e se foi a montante ou jusante. Colocar no campo “observações” o motivo da coleta de dados fora da seção de medição;

Observações: Inserir a cota de início e fim da medição em centímetros e qualquer outra informação relevante para qualidade da medição, como condições meteorológicas (vento, chuva, etc), condições físicas da seção, interferências ou outra informação que possa influenciar na qualidade do dado.

A informação deve ser inserida com o distanciamento de no mínimo três caracteres/espacamento da margem esquerda do campo observações ou na segunda linha. Isso é necessário para o dado ficar visível no resumo de medição em PDF.

- Após concluir o preenchimento dos dados, clique em **Próximo** ➡;
- Na próxima janela, Classificação da Informação, no campo “Cota Medida” deve ser inserido o valor da cota média observada durante a medição, em metros. Deve ser inserido também a temperatura da água, medida por um instrumento independente próximo a face do transdutor (Figura 46);

Figura 46 – Caixa de configuração da medição (Classificação da Informação)



Temperatura da água: A medição da temperatura da água deve ser realizada com o termômetro independente o mais próximo possível da face inferior do transdutor. A temperatura medida pelo sensor do ADCP pode levar até 30 minutos para se estabilizar. Se uma diferença de temperatura de 2 °C ou mais permanecer ao longo desse período, o ADCP não deverá ser utilizado para a realização de medições de descarga (SGB/CPRM e ANA, 2025).

- Para prosseguir para a aba seguinte, clique em **Próximo** ➡;
- No próximo item, Janela de Configuração, o dispositivo (ADCP) deverá ser reconhecido automaticamente (indicador verde), pois os periféricos e a comunicação já haviam sido configurados previamente, conforme orientações do capítulo 5 deste tutorial. Caso o ADCP não seja reconhecido automaticamente (indicador vermelho), os dados de comunicação precisarão ser inseridos de forma manual (N° da porta, taxa de comunicação, etc). Ver Figura 47.

Figura 47 – Caixa de configuração da medição (Janela de configuração)

- Após o reconhecimento do ADCP pelo programa, na mesma janela deve ser configurada a porta de comunicação do GNSS. Se o GNSS for utilizado sem o trimarã, deve-se selecionar o item “GNSS Ext” e configurar o nº da porta e a taxa de comunicação em 115200. Se o GNSS for utilizado integrado ao trimarã, deve-se selecionar o item “Int. GNSS” e a taxa de comunicação de 115200.

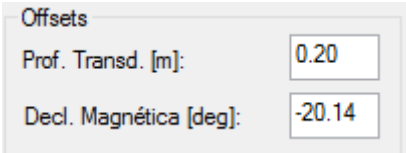
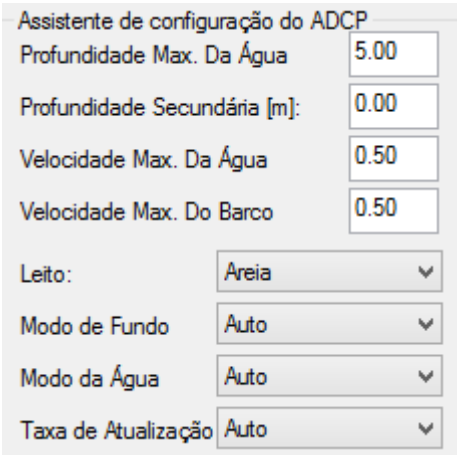
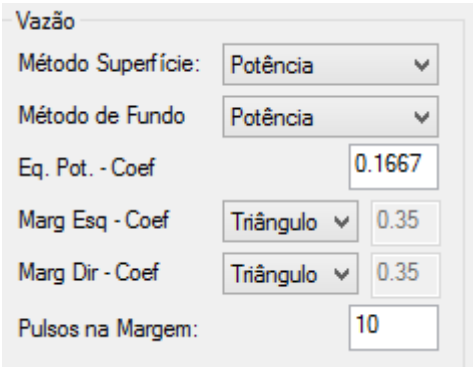
Figura 48 – Caixa de configuração da medição (reconhecimento ADCP e GNSS)



Recomenda-se que a taxa de comunicação (*baudrate*) tanto do ADCP quanto do dispositivo GNSS seja de 115200.

Os demais campos da janela de configuração devem ser preenchidos conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Orientações para preenchimento da janela de configuração

	- Prof. Transd. (m): distância entre a face inferior do transdutor e a superfície da água, em metros; - Decl. Magnética (deg): preencher com a declinação magnética do local. A declinação é preenchida em graus e décimos de grau.
	- Profundidade Max. Da Água (m): Preencher com a profundidade máxima esperada para a seção de medição. Esse valor pode ser obtido com medições passadas ou por uma travessia de reconhecimento; - Profundidade Secundária (m): recomenda-se preencher com 0; - Velocidade Max. Da Água (m): Preencher com a velocidade máxima esperada para a seção de medição. Esse valor pode ser obtido com medições passadas ou por uma travessia de reconhecimento; - Velocidade Max. Do Barco: preencher com a velocidade máxima que o barco irá se deslocar durante a travessia; - Leito: preencher conforme a característica do leito da seção de medição; - Obs: Manter “Modo de Fundo”, “Modo da Água” e “Taxa de atualização” com a opção AUTO.
	- Método de estimativa de topo e fundo: usar o método de potência e o coeficiente de 0,1667. Os métodos e valores podem ser alterados após análise da medição no Qrev; - Extrapolação das margens: Inserir o formato das margens (triângulo ou retângulo) e deixar os coeficientes padrões de cada um. Caso a margem seja diferente do previsto, essa informação poderá ser alterada no pós-processamento; - Pulsos na Margem: Esse item é referente ao número de verticais que serão utilizadas para a estimativa da vazão na margem. Como padrão, será adotado o valor mínimo de 10 verticais (pulsos).



Declinação magnética: A inserção da declinação magnética é necessária para que o trajeto do barco e os vetores de velocidade da água calculados pela referência GNSS sejam orientados corretamente com relação ao norte verdadeiro.

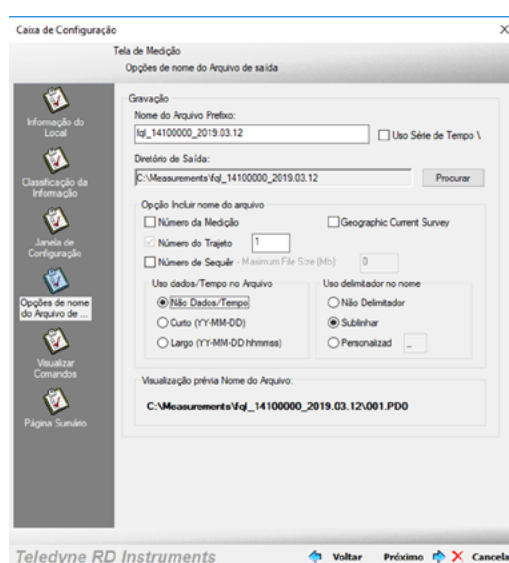
- Após configurar a medição, clique em **Próximo** ➡;

- No próximo item, deve ser inserido o nome dos arquivos que serão gerados na medição. Os restantes dos itens devem ser selecionados conforme a Figura 49.

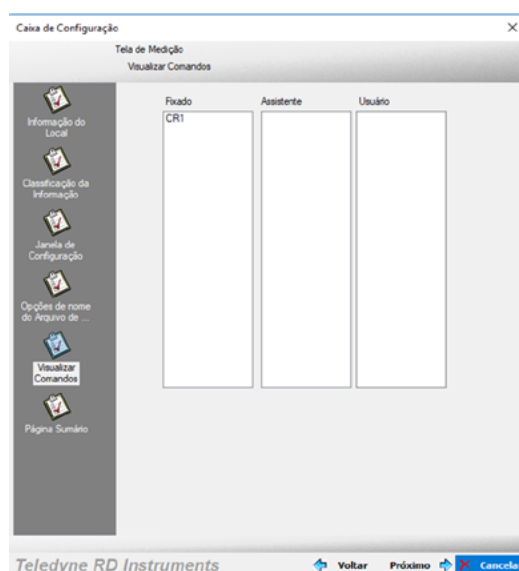
Para as medições realizadas no âmbito da RHN, os arquivos devem ser nomeados como *fql_código da estação_ano.mês.dia da medição* (Ex. *fql_14100000_2021.03.12*).

O arquivo não pode ser renomeado após a medição.

Figura 49 – Caixa de configuração da medição (nomenclatura do arquivo de medição)

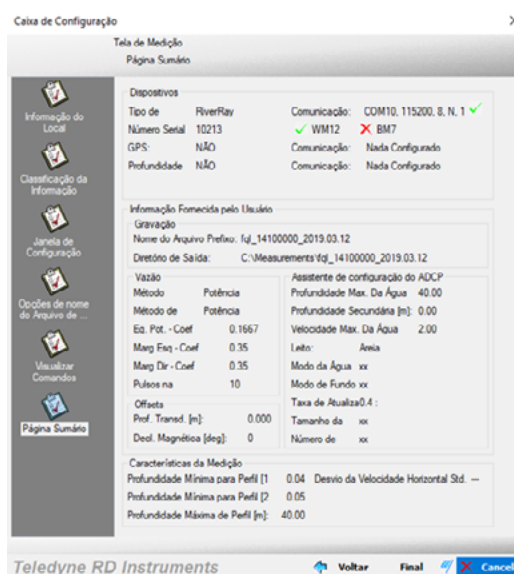


- Após configurar a medição, clique em **Próximo** ➡;
- Na próxima janela (Figura 50) será apresentada as configurações adotadas pelo equipamento conforme as informações inseridas anteriormente (Velocidade da água, profundidade etc.). O *RiverRay* possui uma configuração automática padrão CR1;
- Nesta janela não é necessário inserir nenhuma informação, apenas clicar em **Próximo** ➡; e

Figura 50 – Caixa de configuração da medição (configuração adotada pelo equipamento)

- Na página final de configuração, aparecerá um sumário com todas as informações adotadas. Após conferi-las, clique em final.

Depois deste procedimento, o equipamento está pronto para realização dos testes e coleta de dados.

Figura 51 – Resumo das configurações adotadas para medição

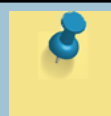
6.1.3 Ajuste de data e hora

É importante ajustar a data e hora sempre antes de realizar os testes e a medição, para que todos os dados e registros eletrônicos gerados estejam com esta informação correta.

Para ajustar a hora, devem ser seguidos os seguintes passos:

- Na barra de ferramentas do *WinRiver II*, clique em “adquirir” e selecione a opção “Configurar relógio do ADCP”.
- Na janela de configuração, selecione a opção “Use a Hora do PC”;
- Após o ajuste da data e hora, clique em fechar.

Figura 52 – Ajuste de data e hora conforme os dados do computador



Para a RHN, adotou-se como padrão o horário de Brasília (GMT-03:00);

6.1.4 Diagnóstico do equipamento

O diagnóstico do equipamento deve ser realizado todas as vezes que o equipamento for utilizado na coleta de dados. O teste deve ser realizado no local da medição, com o equipamento dentro da água, nas mesmas condições que será realizada a coleta dos dados nas travessias.

Para realizar o diagnóstico, devem ser seguidos os seguintes passos:

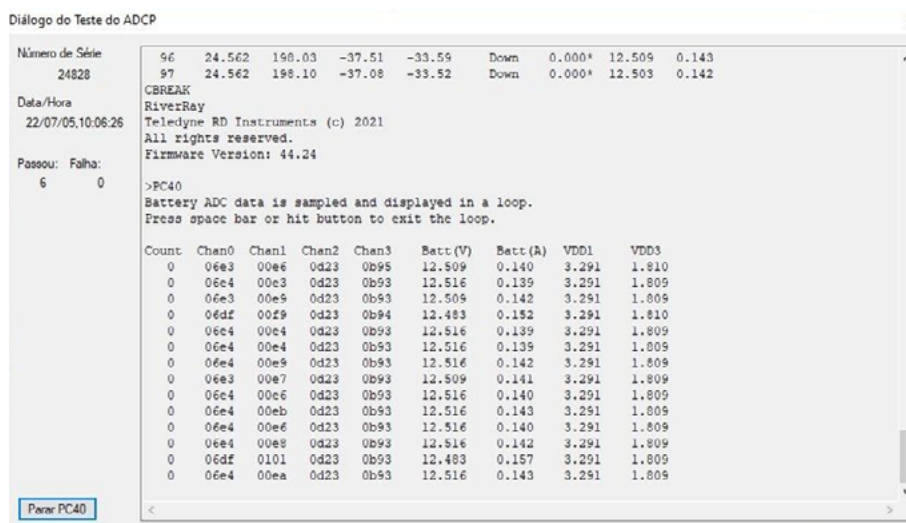
- Na barra de ferramentas, clique em “adquirir” e selecione a opção “Executar teste do ADCP”;
- Clique em “iniciar o teste”;
- Neste momento o equipamento irá realizar uma rotina automática de teste e irá informar no lado esquerdo da janela se todos os testes foram bem-sucedidos (Passou 6) ou se foi identificada alguma falha (Figura 53);

Figura 53 – Caixa de teste diagnóstico PC20

Count	Temp(C)	Heading	Pitch	Roll	Up/Down	Depth(m)	Batt(V)	Batt(A)
1	0.000*	198.17	-37.17	-33.53	Down	0.000*	12.503	0.148
2	0.000*	198.22	-36.96	-33.57	Down	0.000*	12.483	0.152
3	24.500	198.21	-37.10	-33.60	Down	0.000*	12.509	0.142
4	24.500	198.19	-36.85	-33.55	Down	0.000*	12.509	0.135
5	24.562	198.16	-36.97	-33.70	Down	0.000*	12.509	0.142
6	24.562	198.02	-36.97	-33.53	Down	0.000*	12.469	0.153
7	24.562	198.18	-37.00	-33.60	Down	0.000*	12.483	0.144
8	24.562	198.00	-37.29	-33.49	Down	0.000*	12.509	0.140
9	24.562	198.10	-37.32	-33.39	Down	0.000*	12.509	0.142
10	24.562	197.94	-37.00	-33.48	Down	0.000*	12.509	0.144
11	24.500	198.21	-36.93	-33.52	Down	0.000*	12.469	0.155

- Após o resultado (cerca de um minuto após o início do teste), clique em “parar PC20”, que automaticamente irá iniciar o teste PC40 (Figura 54); e

Figura 54 – Caixa de teste diagnóstico PC40



- Após concluir o teste, clique em “parar PC40” e clique em sair para fechar a janela de teste.

6.1.5 Calibração da bússola

A calibração da bússola é necessária para compensar a influência dos campos magnéticos específicos do local da medição. Se as distorções do campo magnético não forem corrigidas, erros de rumo podem ser gerados nos dados de direcionamento do ADCP (SGB/CPRM e ANA, 2025).

Para realizar a calibração da bússola do *RiverRay*, deve-se seguir as seguintes recomendações:

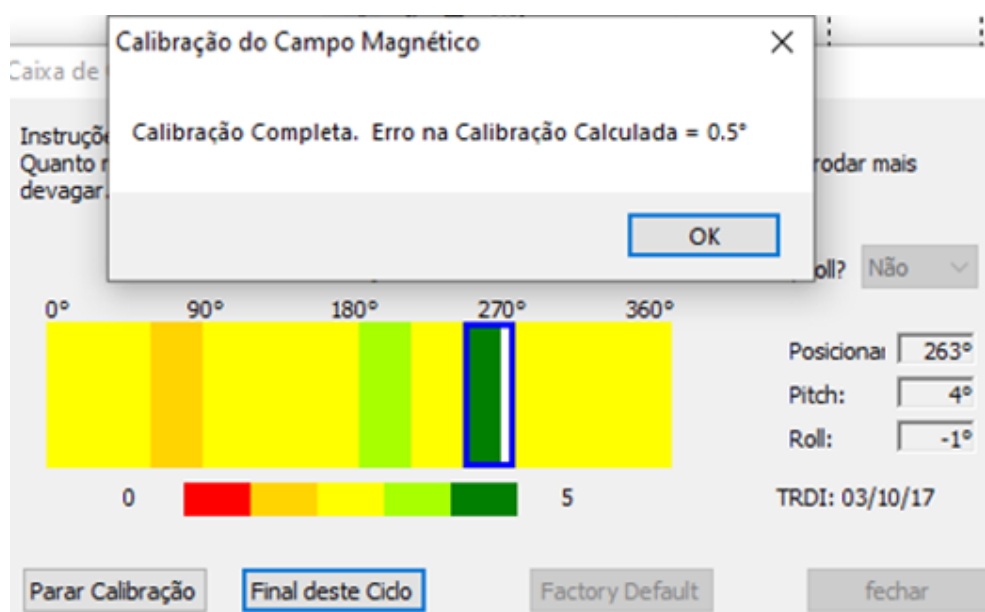
- Evitar realizar medições em locais com grandes interferências no campo magnético, como pontes com estruturas metálicas e linhas de transmissão;
- Realizar a calibração com o equipamento dentro da água, com o mínimo de inclinação (*pitch*) e rotação (*roll*) possíveis e nas mesmas condições que serão realizadas as coletas de dados de descarga líquida;
- A calibração deve ser realizada fazendo o giro de 360° lentamente (<5° por segundo);
- O erro de calibração deve ser igual ou inferior a 1°;

Abaixo são descritos os passos para realização da calibração:

- Na barra de ferramentas do *WinRiver II*, selecione a opção “Adquirir” e posteriormente “Executar calibração de bússola”;
- Na janela de calibração da bússola, clique em iniciar calibração;
- Realize lentamente o giro completo do trimarã ou embarcação (360°), com velocidade abaixo de 5° por segundo e com o mínimo de inclinação e rotação;

- Todas as barras precisam ser preenchidas. Quanto mais verde, melhor a qualidade da calibração;
- Após concluir o primeiro ciclo de calibração (giro de 360°), aparecerá uma mensagem para iniciar a avaliação da calibração. Clique em “Ok” e realize novamente o procedimento de calibração (giro de 360°);
- Ao término da avaliação, abrirá uma mensagem automática informando que a calibração está completa e qual o erro encontrado.

Figura 55 – Janela de calibração da bússola



- Para concluir o procedimento, clique em “ok” e “fechar”.

É necessário calibrar a bússola todas as vezes antes das medições, principalmente se tiver contato com quaisquer metais ferrosos ou quando mudar para um novo local. Materiais ferromagnéticos afetam a bússola, e diferentes locais têm características diferentes de campo magnético.

 Caso o erro de calibração seja maior do que 1°, o procedimento deve ser repetido. Caso o erro permaneça superior aos 1°, a medição poderá ser realizada e este erro deve ser relatado nas anotações de campo.

6.1.6 Teste de fundo móvel

Conforme estabelecido no documento “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico”, toda medição de vazão deve conter um teste de fundo móvel válido e realizado preferencialmente antes da medição de descarga líquida.

O *WinRiver II* permite a realização do teste de fundo móvel de duas formas: pelo método do *Loop* e pelo método Estacionário. É recomendado que sempre que as condições permitirem, seja priorizada a realização do método do *Loop*, pois a correção da vazão medida por este é mais representativa quando comparada com o método

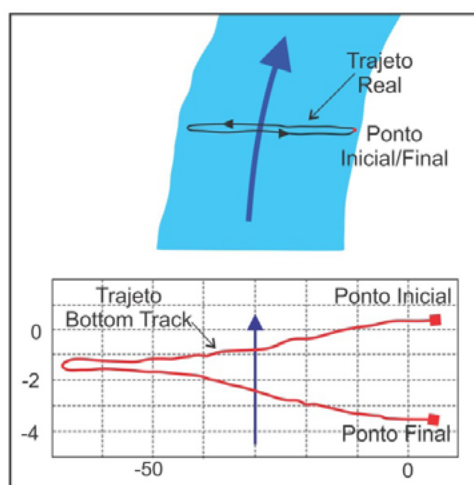
estacionário.

Quando o resultado dos testes detectarem a ocorrência de fundo móvel, é recomendado usar o GNSS (GGA/VTG) como referência de trajeto para o cálculo da vazão.

Método Loop

O método do *Loop* tem como base o entendimento de que um ADCP, ao realizar uma travessia de ida e volta, saindo e retornando para um mesmo ponto, em uma seção transversal com fundo móvel, apresentará distorções no trajeto da embarcação, pois o fundo móvel faz com que a navegação por *Bottom Track* indique que o equipamento retornou para um ponto a montante do ponto inicial (SGB/CPRM e ANA, 2025).

Figura 56 – Esquema com trajeto real da embarcação e trajeto indicado pelo *Bottom Track* durante a execução do *Loop*.



Fonte: SGB/CPRM e ANA, 2025

A velocidade de fundo móvel é calculada pela distância entre os pontos inicial e final do *Loop* (erro de fechamento do *Loop*) dividida pelo tempo de execução do teste.

Na tabela abaixo são definidas as condições e requisitos para realização do teste de *Loop*. Para maior detalhamento e compreensão do método e suas limitações, consulte o documento “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico”.

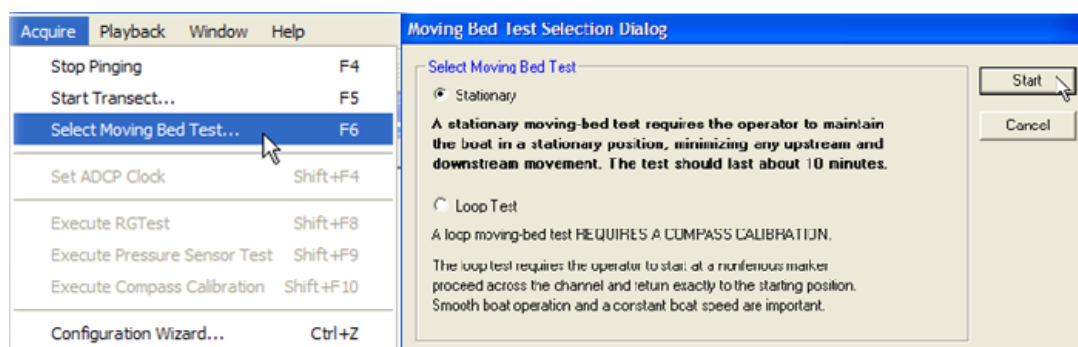
Tabela 8 – Especificação do teste de *Loop*

Método de detecção de fundo móvel	Condições	Limiar de detecção	Duração mínima do teste
<i>Loop</i>	- Início e final exatamente na mesma posição - Orientação precisa da bússola - Velocidade média da água > 0,24 m/s - Velocidade do barco constante	Velocidade do fundo móvel >0,012 m/s e >1% da velocidade média da água	3 min (180 s)
<i>Loop</i> em rios com largura superior a 55 metros	- Início e final exatamente na mesma posição - Orientação precisa da bússola - Velocidade média da água > 0,24 m/s - Velocidade do barco menor que 0,7 m/s	Velocidade do fundo móvel >0,012 m/s e >1% da velocidade média da água	Determinada pela velocidade do barco, que deve ser menor que 0,7 m/s
<i>Loop</i> em rios da Bacia Amazônica	- Início e final exatamente na mesma posição - Orientação precisa da bússola - Velocidade média da água > 0,24 m/s	Velocidade do fundo móvel >0,012 m/s e >1% da velocidade média da água	Não há

Fonte: SGB/CPRM e ANA (2025).

Para realizar o teste é necessário identificar fisicamente (Boia, estaca etc.) o ponto de início e fim da coleta de dados. No *WinRiver II*, é necessário seguir os seguintes passos:

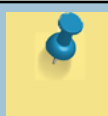
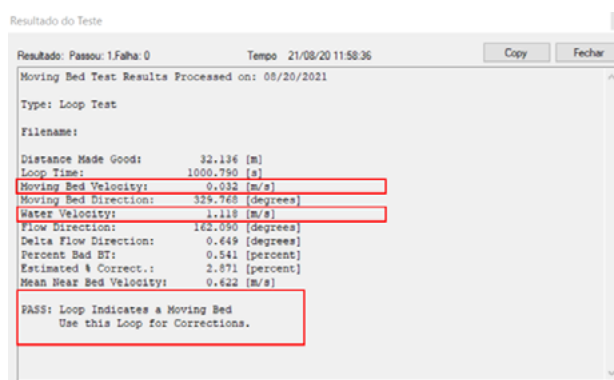
- Na barra de ferramentas do *WinRiver II*, clique em “Adquirir” e inicie a coleta de dados clicando em “Iniciar *pinging* (F4)”;
- Posteriormente, selecione o teste de *Loop* clicando em “Adquirir” e “Selecionar teste de fundo móvel”;
- Assim que o barco estiver posicionado no ponto inicial, clique em “iniciar”;

Figura 57 – Janela de seleção do teste de fundo móvel

- O barco deve percorrer toda a seção transversal, com velocidade constante e se possível, abaixo da velocidade da água;

- Assim que retornar para o ponto inicial, finalize o teste clicando em “Parar”; e
- Após a conclusão do procedimento, aparecerá uma mensagem automática com o resumo dos dados coletados e informando se há ocorrência de fundo móvel.

Figura 58 – Resultado do teste de fundo móvel com o método *Loop*



Resultado do teste de *Loop*: Há ocorrência de fundo móvel quando a velocidade de fundo móvel (*Moving Bed Velocity*) é maior que 0,012 m/s e maior do que 1% da velocidade da água (*Water Velocity*).



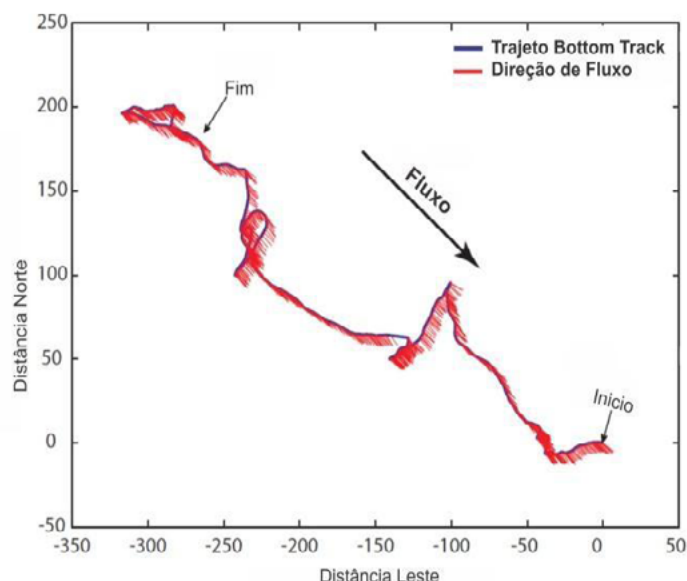
Nos casos em que o teste identificar a ocorrência de fundo móvel, o cálculo da vazão deve ser realizado usando a referência de trajeto GNSS (GGA/VTG); Na impossibilidade de usar a referência GNSS, seja por sua indisponibilidade ou pela má qualidade do dado coletado, a vazão calculada com a referência *Bottom Track* deve ser corrigida com o resultado do teste *Loop*. A vazão calculada será corrigida automaticamente pelo programa de medição

Método estacionário

Caso as características hidrológicas do local de medição não atendam as condições para realização do método *Loop* (Tabela 8), recomenda-se que o teste de fundo móvel seja feito pelo método estacionário.

Nesse método, a embarcação permanece parada em um determinado local da seção enquanto coleta os dados. Caso o *Bottom Track* indique que a embarcação está se deslocando para montante durante a coleta das verticais, significa que o *Bottom Track* está detectando o fundo móvel naquele local (SGB/CPRM e ANA, 2025).

Figura 59 – Esquema indicando o trajeto realizado pelo *Bottom Track* na condição de fundo móvel, enquanto a embarcação permanece no mesmo local.



Fonte: SGB/CPRM e ANA (2025).

Para realizar o teste estacionário é necessário atender as seguintes recomendações:

- O teste estacionário deve ser realizado no ponto da seção de medição onde há maior potencial para a ocorrência de fundo móvel, que é definido pelo local onde há o maior produto velocidade x profundidade;
- Caso o profissional de campo não conheça a seção de medição, é recomendado realizar uma travessia exploratória para definição do local do teste;
- Se o resultado do teste neste primeiro local indicar a ocorrência de fundo móvel, o teste deverá ser realizado em pelo menos mais duas verticais distribuídas ao longo da seção.

É indicado realizar o teste estacionário com o barco fixo (ancorado, a cabo, etc). Caso as condições hidrológicas (profundidade e velocidade da água) ou de tráfego de embarcações não permitam manter a embarcação fixa, o teste ainda poderá ser realizado, desde que tenha um receptor GNSS disponível ou que o dado seja coletado por um período mais longo (10 minutos).

Os critérios para realização de cada tipo de teste estacionário estão descritos na Tabela 9. Para maior detalhamento e compreensão do método e suas limitações, consulte o documento “Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico (ADCP)”.

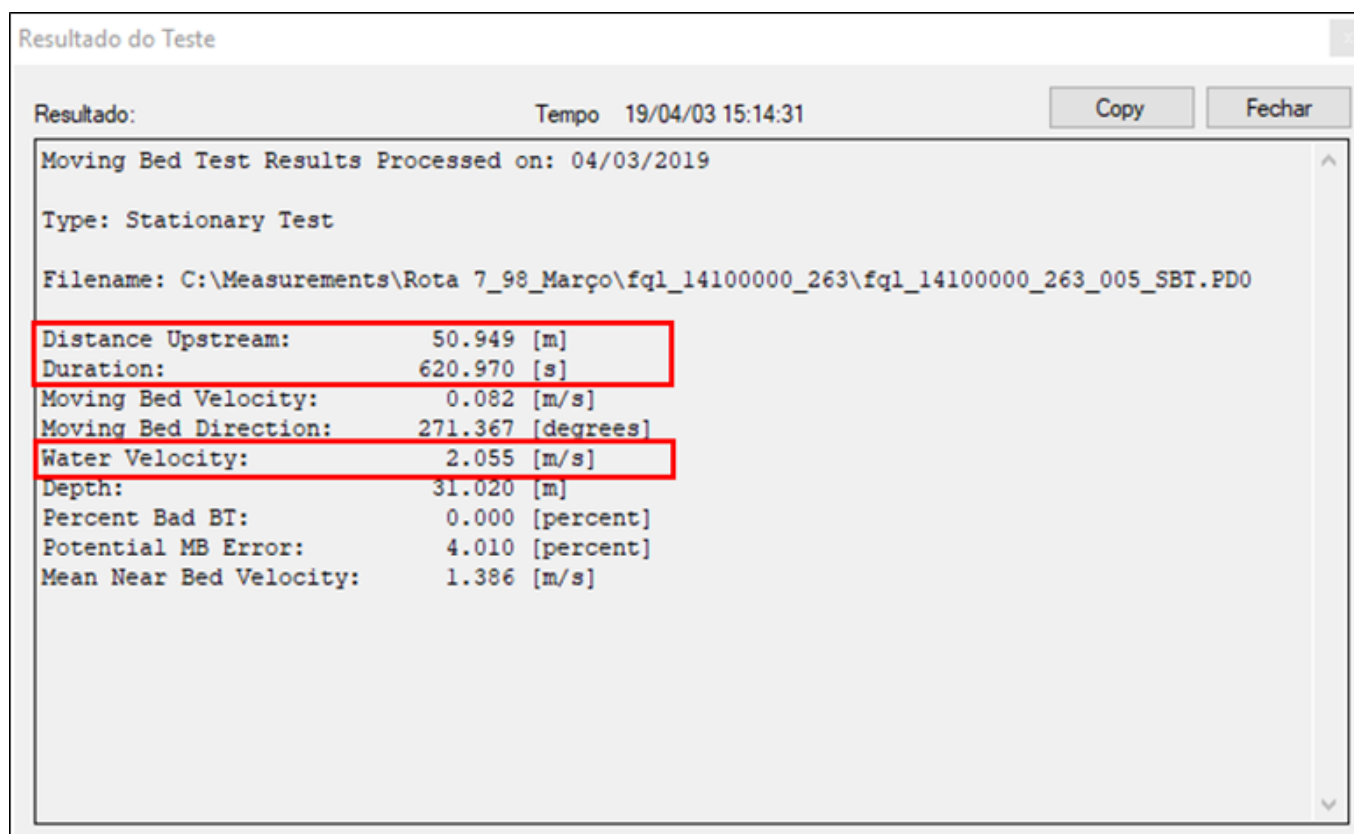
Tabela 9 – Especificação do teste estacionário

Método de detecção de fundo móvel	Condições	Limiar de detecção	Duração mínima do teste
Estacionário com GNSS ou embarcação fixa	ADCP com receptor GNSS ou embarcação ancorada/fixada com mínima movimentação	Velocidade do fundo móvel >1% da velocidade média da água	5 min (300 s)
Estacionário sem GNSS ou embarcação fixa	Barco tripulado sem âncora ou GNSS	Velocidade do fundo móvel >2% da velocidade média da água	10 min (600 s)

Para realização do teste, deve-se seguir os seguintes passos no *WinRiver II*:

- Posicione a embarcação no local escolhido para a realização do teste;
- Na barra de ferramentas do *WinRiver II*, clique em “Adquirir” e inicie a coleta de dados clicando em “Iniciar *pinging* (F4)”;
- Posteriormente, selecione o teste estacionário clicando em “Adquirir” e “Selecionar teste de fundo móvel”;
- Clique em “Iniciar teste” e colete dados por cinco ou dez minutos, conforme método descrito na tabela 9; e
- Finalize o teste;

Diferente do método *Loop*, o resultado do teste Estacionário não informa de forma automática se existe a ocorrência de fundo móvel. O profissional que estiver realizando a medição deverá fazer a análise de forma manual, dividindo a distância percorrida pelo *Bottom Track (Distance Upstream)* pelo tempo de realização do teste (Figura 60). Se o resultado obtido for maior do 1% da velocidade da água (*Water Velocity*) para barco ancorado ou com uso de GNSS ou 2% para barco não ancorado, considera-se que há ocorrência de fundo móvel.

Figura 60 – Resultado do teste de fundo móvel com o método Estacionário

Caso o resultado do teste indique a ocorrência de fundo móvel, a vazão deve ser calculada seguindo a ordem de prioridade abaixo:

- 1 - Usar a referência de trajeto GNSS (GGA/VTG);
- 2 - Na inexistência do GNSS ou quando os dados do mesmo estiverem com má qualidade, a vazão medida pela referência BT deve ser corrigida com o resultado dos testes estacionários.

O profissional de campo, com conhecimento das características físicas e de escoamento da seção, deve definir o número necessário de verticais que serão utilizadas para correção da vazão, desde que o mínimo seja de três.



Resultado do teste com uso do GNSS: Quando o teste é realizado sem que o barco esteja ancorado e com o auxílio de um receptor GNSS, a avaliação da ocorrência de fundo móvel deve ser feita usando a diferença de distância entre o ponto final do rastreamento do *Bottom Track* e o ponto final do rastreamento do GNSS.

Essa distância não é informada no resultado do teste, ela deve ser obtida acessando a “tabela de calibração da bússola” na função “visualizar” da barra de ferramentas.

Figura 61 – Tabela de Calibração da Bússola

Tabela de Calibração da Bússola 1 - TR...		
BMG-GMG mag	97.3	[m]
BMG-GMG dir	297.6	[°]
GC-BC	47.3	[°]
BC/GC	0.9064	

O valor (BMG-GMG) deve ser dividido pelo tempo de execução do teste e comparado com a velocidade da água. Caso seja maior do que 1% da velocidade da água.

Outra opção para a avaliação do teste estacionário com o uso do GNSS é utilizar o *Qrev*, que já faz o cálculo da velocidade de fundo móvel considerando a diferença das distâncias BT e GNSS de forma automática.

6.2 Medição

A medição de descarga líquida consiste na coleta de dados com ADCP realizando travessias de uma margem a outra do rio, com trajeto perpendicular ao fluxo da água.

O documento “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)*”, define os principais requisitos que devem ser observados para realizar uma boa medição de vazão (Tabela 10).

Tabela 10 – Principais requisitos para realização da medição

Requisito	Critério
Percentual de vazão medida	No mínimo 50% da vazão total
Número de travessias	Sempre em pares (no mínimo, um par consecutivo de travessias)
Duração da medição	Mínimo de 720 segundos
Extrapolação de vazão em cada margem	No máximo 5% da vazão total
Número de verticais válidas na margem	Ao menos 10 verticais com pelo menos duas células válidas
Velocidade do barco durante a travessia	Constante, preferencialmente menor que a da água, realizando movimentos de aceleração e desaceleração suaves



O percentual medido não deve ser analisado de forma restritiva, pois mesmo valores abaixo de 50% podem apresentar bons resultados. Ele deve ser usado como referência para avaliar se o equipamento está adequado para as condições físicas e de fluxo encontradas no local de medição;

A medição é composta de pares de travessias, para eliminar a influência de viés direcional da bússola;

O tempo mínimo de duração de uma medição é de 12 minutos de travessias consecutivas, que corresponde ao tempo mínimo de exposição necessário para que as variações aleatórias sejam minimizadas (OBERG; MUELLER, 2007);

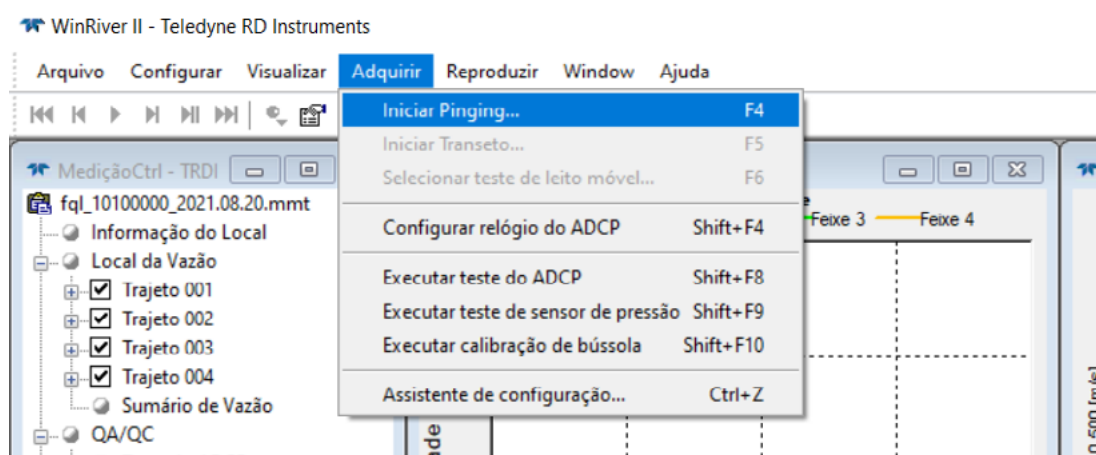
O tempo mínimo se refere ao tempo total de exposição do ADCP coletando amostras durante uma travessia e não inclui o tempo realizando outras tarefas, tais como testes de fundo móvel, calibração de bússola (SGB/CPRM e ANA, 2025);

Para a estimativa de margens, é necessária a coleta de pelo menos 10 verticais com no mínimo 2 células válidas. São necessárias no mínimo duas células, para que a velocidade medida seja mais representativa, uma vez que ela será usada para a estimativa da vazão da área não medida na margem;

A seguir são descritos todos os passos para a realização das travessias e coleta de dados para o cálculo da vazão:

- Após a configuração da medição e realização de todos os testes (Item 6.1), inicie a coleta de dados clicando em “F4” ou selecionando a função “Iniciar *pinging*” em “adquirir” na barra de ferramentas;

Figura 62 – Seleção da função “Iniciar *pinging*”



- Posicione o equipamento na margem, no ponto inicial onde será realizada a travessia;
- Verifique se neste ponto há profundidade suficiente para a coleta de pelo menos duas células válidas (Figura 63);

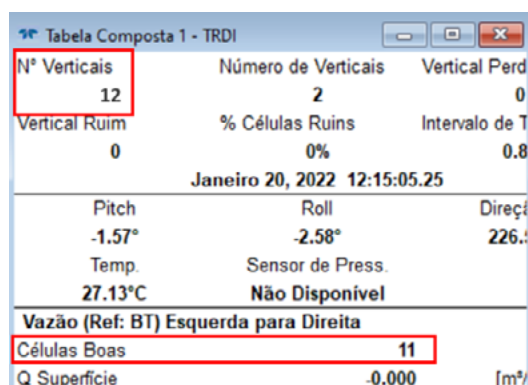
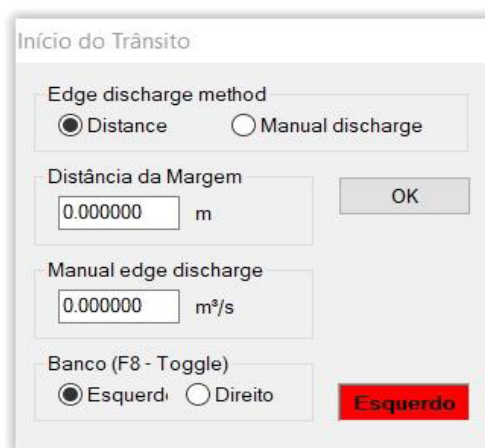
Figura 63 – Tabela Composta (Número de células)


Tabela Composta 1 - TRDI		
N° Verticais	Número de Verticais	Vertical Perd
12	2	0
Vertical Ruim	% Células Ruins	Intervalo de T
0	0%	0.8
Janeiro 20, 2022 12:15:05.25		
Pitch	Roll	Direção
-1.57°	-2.58°	226.1
Temp.	Sensor de Press.	
27.13°C	Não Disponível	
Vazão (Ref: BT) Esquerda para Direita		
Células Boas		11
Q Superfície	-0.000	[m³/s]

- Inicie a gravação dos dados clicando em “Adquirir” e “Iniciar Transecto (F5)”. Abrirá uma janela onde deve ser inserida a distância entre o ADCP e a margem e a selecionado a margem (esquerda ou direita) onde se está iniciando a coleta de dados conforme a Figura 64;

 É necessário que a distância da margem seja medida com equipamento (distanciômetros ou trenas a laser) com precisão de pelo menos 2% da distância da margem. Deste modo, para uma distância da margem de 10 m o instrumento utilizado deve ter precisão de pelo menos 0,2 m (SGB/CPRM e ANA, 2025).

Figura 64 – Janela para iniciar travessia


Início do Trânsito

Edge discharge method
☒ Distance ☐ Manual discharge

Distância da Margem
 m

Manual edge discharge
 m³/s

Banco (F8 - Toggle)
☒ Esquerda ☐ Direita

- Após o início da gravação dos dados, confira novamente se há pelo menos duas células válidas e espere a coleta de no mínimo 10 verticais antes de iniciar a travessia. Essas 10 verticais serão utilizadas na estimativa da vazão da margem;
- Após a coleta de 10 verticais, inicie a travessia. Se possível, mantenha a velocidade de deslocamento do equipamento/barco menor do que a velocidade da água. A velocidade deve ser constante em toda a travessia.

Após o equipamento realizar a amostragem em toda a seção de medição (travessia), a embarcação deve ser posicionada na margem oposta, seguindo os mesmos procedimentos do início da travessia:

- Posicione o equipamento/embarcação o mais paralelo a margem até a parada total, observando se há pelo menos duas células válidas;
- Aguarde a coleta de 10 verticais no mesmo ponto; e
- Finalize a coleta de dados clicando em “Finalizar Transecto (F5)”, em “Adquirir”, na barra de ferramentas.

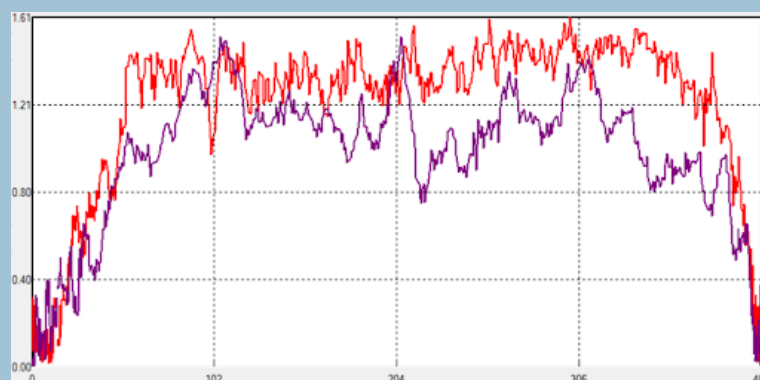


A velocidade de deslocamento pode ser observada na tabela composta, localizada no lado direito da área de trabalho (Figura 65) ou no gráfico da série temporal “Água / Velocidade do barco” (Figura 66).

Figura 65 – Tabela de Navegação

Navegação (Ref: BT)		
Vel. Embarcação	0.056	[m/s]
Direção da Embarcação	45.96	[°]
Vel. Água	0.222	[m/s]
Dir. Água	350.60	[°]
Calc. Prof.	8.273	[m]
Distância Trajeto	407.39	[m]
Distância MG	386.66	[m]
Curso MG	94.07	[°]
Duração	609.42	[s]

Figura 66 – Gráfico de variação das velocidades da embarcação e da água



- Abrirá a janela para finalizar o trajeto, onde deve ser inserida a informação da margem final (esquerda ou direita) e a distância entre o equipamento e a mesma;
- Para realizar uma nova travessia, reinicie os passos desta sequência a partir de “Iniciar Transecto (F5)”; e

Esse procedimento de coleta de dados (travessias) deve ser realizado observando os requisitos mínimos descritos na Tabela 10. Uma vez que forem atendidos, a medição poderá ser finalizada.

- Após a finalização da última travessia, clique em F4 ou selecione a função “Parar Pinging” em “Adquirir” na barra de ferramentas. Essa função finalizará a coleta de dados pelo equipamento.

O *WinRiver II* permite verificar diversas informações durante a coleta de dados. Algumas delas fazem parte da área de trabalho padrão do programa e estão descritas no item 3.2 deste tutorial.

6.3 Pós-processamento da medição

A última etapa de uma medição de descarga líquida de qualidade é a análise dos dados coletados pelo medidor acústico e o cálculo da vazão a partir dos dados coletados. A análise deve ser realizada em campo, no local da medição, de modo a permitir a detecção de eventuais falhas que poderão ser corrigidas, inclusive realizando mais travessias ou uma nova medição de descarga líquida.

O *WinRiver II* é o programa utilizado para coleta e pós processamento dos dados para obtenção do valor total da descarga líquida. Como este programa possui diversas limitações quanto a análise da qualidade do dado, dentro da operação da Rede Hidrometeorológica Nacional, o documento “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilados Acústico Doppler (ADCP)*” recomenda fortemente o uso do programa *QRev* para o pós-processamento dos dados.

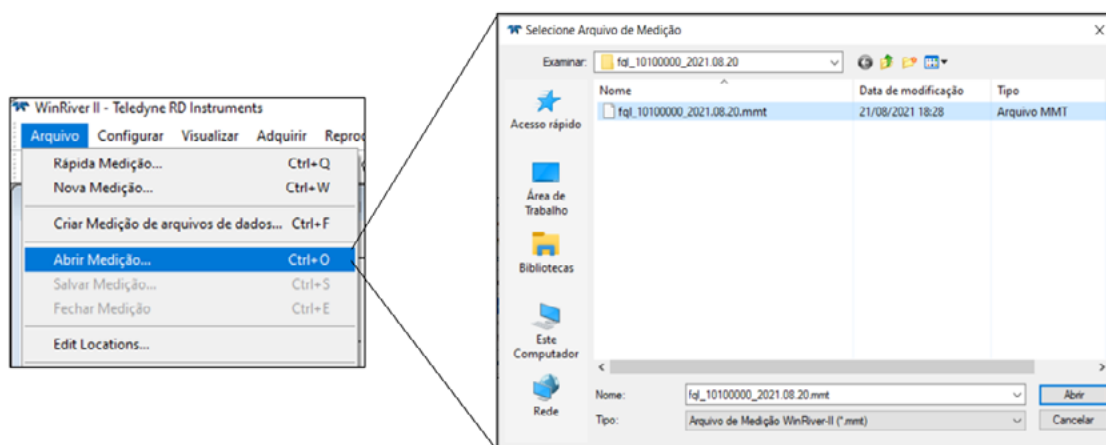
O *QRev* organiza o grande volume de informações gerado em uma medição de descarga líquida de forma lógica e resume em gráficos e tabelas os principais pontos que são necessários atenção.

Apesar do *WinRiver II* não ser o programa mais recomendado para processar a medição, na falta do *Qrev*, a análise da medição pode ser realizada seguindo os seguintes passos:

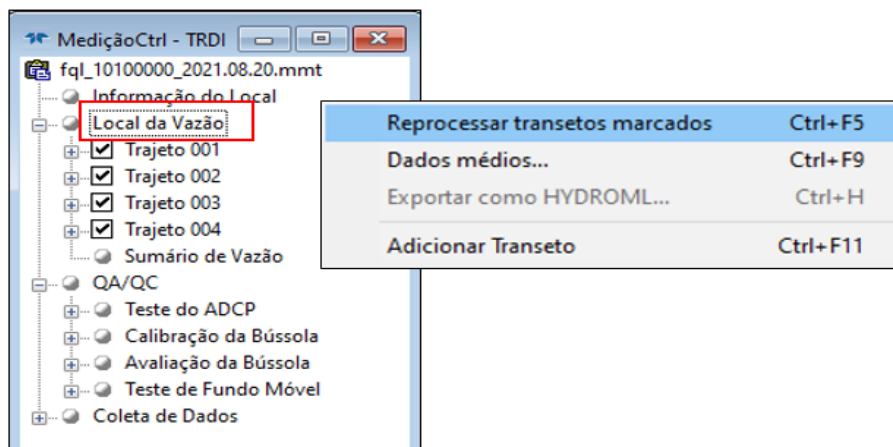
Abrir o arquivo de medição no WinRiver II

- Abra o arquivo de medição (.mmt) no *WinRiver II*, selecionando “Arquivo” e “Abrir medição” na barra de ferramentas;

Figura 67 – Abrir medição no *WinRiver II*



- Reprocesse as travessias clicando com o botão direito na opção “Local da Vazão”, na janela de gerenciamento da medição, situada no lado esquerdo da área de trabalho do *WinRiver II* (Figura 68). Outra opção é clicar no comando Ctrl+F5;

Figura 68 – Reprocessamento das informações das travessias

Verificar as informações de identificação da medição

- Clique duas vezes com o botão esquerdo no item “Informação do Local”, situado na janela de gerenciamento da medição, para abrir a janela de configuração da medição (Figura 69). Na primeira aba da janela estão as informações;
- Confira se todas as informações estão preenchidas e se são condizentes com o local de medição;
- Após conferir as informações, clique em “próximo” para verificar se a cota média da medição e a temperatura foram inseridas nos seus respectivos campos;

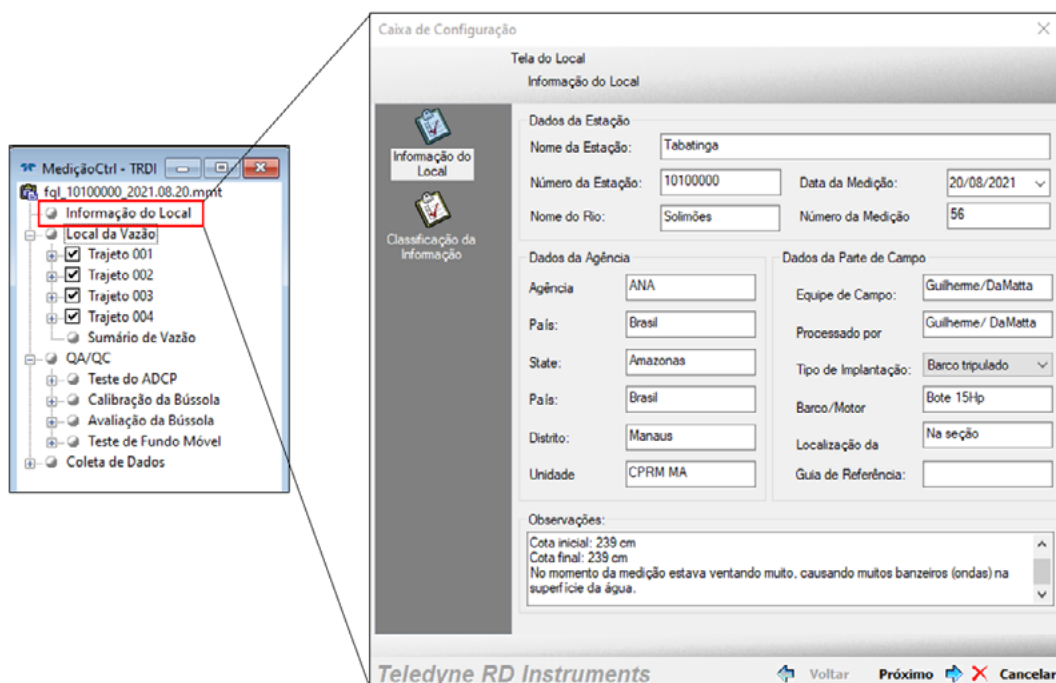
Figura 69 – Janela de identificação da medição

Figura 70 – Janela de classificação da informação (Cota e temperatura)

Verificação da configuração utilizada na coleta de dados (Configuração de campo)

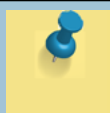
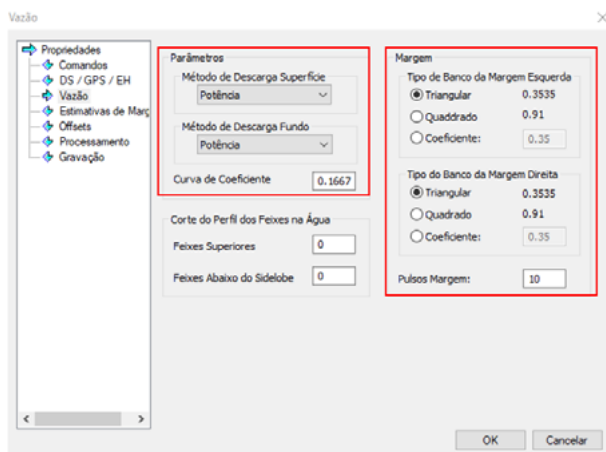
- Na janela de gerenciamento da medição (lado esquerdo da área de trabalho), selecione o primeiro trajeto e clique duas vezes em “Reprodução da Configuração de Campo”. Em seguida abrirá uma janela com o registro de todas as configurações adotadas na coleta dos dados;

Figura 71 – Janela de configuração de campo

- Clique em vazão e confira se o método utilizado para a estimativa das vazões de topo e fundo são condizentes com as condições de escoamento da seção de medição. Como o *WinRiver II* não possui uma ferramenta de análise do melhor método para extrapolação, recomenda-se a utilização o método de “potência” com o coeficiente de 0,1667, que é o padrão (*default*) adotado pelo programa;

- Verificar se o formato das margens (triangular ou quadrado) estão de acordo com a seção de medição. Caso não estejam, ele poderá ser alterado no campo específico;
- A quantidade de pulsos na margem deve ser sempre 10, que é o padrão adotado na RHN para estimativa das vazões nas margens;

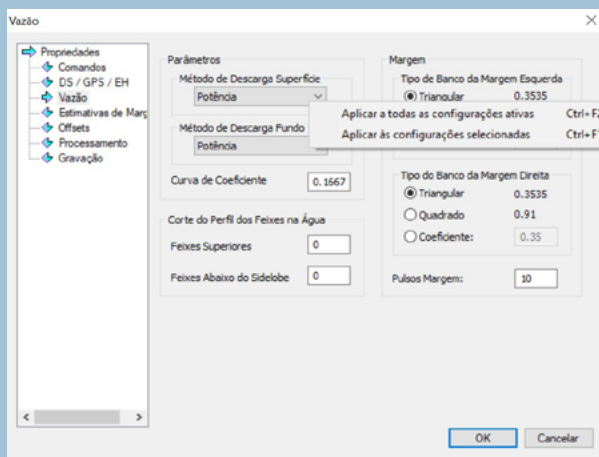
Figura 72 – Janela de configuração de campo (Vazão)



Para que as alterações das configurações sejam adicionadas aos dados das travessias, é necessário seguir os seguintes passos:

- Após a realização de qualquer alteração de configuração, deve-se clicar com o botão direito do mouse e selecionar a opção de aplicar a alteração em todas as travessias (todas das configurações ativas – Ctrl+F2) ou apenas nas travessias selecionadas (às configurações selecionadas – Ctrl+F1);

Figura 73 – Janela de configuração (Aplicar configurações)



- Após a realização de todas as alterações, as travessias devem ser re-processadas (Ctrl+F5), para que o cálculo da vazão seja realizado com a nova configuração.

- No item “Estimativa de Margens” é possível conferir se as distâncias entre o ADCP e as margens estão corretas;

Figura 74 – Janela de configuração de campo (estimativa de margens)



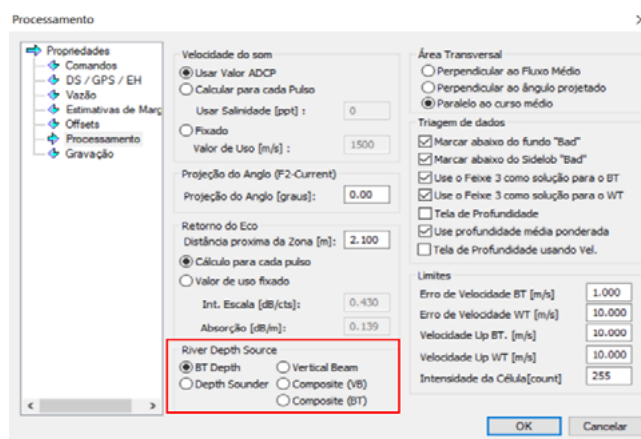
Se no momento da medição a seleção da margem de início da travessia for inserida de forma errada, o valor da vazão será negativo. Esse problema é solucionado no pós processamento, marcando a margem correta e reprocessando o arquivo da travessia;

Nos casos que não for possível medir ou estimar a vazão na margem com perfiladores acústicos, a vazão poderá ser obtida por outro método (Flow-tracker, Molinete, etc) e inserida manualmente, no campo “Manual discharge (m^3/s)”.

- **Offsets:** Neste item é possível observar se a profundidade do transdutor e a declinação magnética estão corretas;

Figura 75 – Janela de configuração de campo (offset)

- **Processamento:** O único campo que deve ser alterado é a referência da profundidade (*River Depth Source*). A referência recomendada é a profundidade média dos quatro feixes (*BT Depth*) ou o feixe vertical (*vertical beam*).

Figura 76 – Janela de configuração de campo (Referência de profundidade)

É recomendado que os demais campos fiquem configurados com o *default*, a não ser que o profissional tenha conhecimento avançado sobre medições acústicas e *WinRiver II*.

Após verificar que a identificação, configuração e demais dados de entrada estão corretos, reprocessse todos os trajetos clicando com o botão direito sobre o “Local da vazão” ou usando o comando “Ctrl+F5” (Figura 68).

O próximo passo consiste em avaliar na janela “Sumário de Vazão” se os dados coletados atendem aos critérios estabelecidos no documento “*Técnicas e Procedimentos para Medição de Descarga Líquida com Perfilador Acústico Doppler (ADCP)*”.

Para abrir o a janela “Sumário de Vazão” é necessário seguir o seguinte passo:

- Clique em “Visualizar” na barra de ferramentas e posteriormente selecione a opção “Resumo de Descarga” ou use diretamente do comando “F12”.
- Em seguida abrirá a janela com o resumo dos dados de cada travessia e a média e desvio padrão.

Figura 77 – Seleção da janela “Sumário de Vazão”

Transversal	Início Mg	Nº Verticais	Hora do Início	Q Total m³/s	Delta Q %
fql_10100000_2021.08.20001	Esquerdo	948	10:24:45	20190.000	-0.17
fql_10100000_2021.08.20002	Direito	757	10:38:34	20477.683	1.25
fql_10100000_2021.08.20003	Esquerdo	706	11:20:35	19916.848	-1.52
fql_10100000_2021.08.20004	Direito	634	11:31:36	20316.600	0.45
Média		761		20225.283	0.00
Std Dev.		134		236.940	1.17
Std./I Avg.I (%)		17.61		1.17	0.00

O último passo para avaliação da medição consiste em verificar na janela “Sumário de Vazão” se os dados atendem os seguintes critérios:

- O resultado da medição é composto por pares de travessias;
- O tempo de medição foi superior a 720 segundos;
- Os dados de vazão, área, DMG, largura, velocidade média do barco, velocidade média da água e as vazões nas margens e são condizentes entre si;

- A vazão em cada margem tem valor inferior a 5% da vazão total;
- A vazão total possui coeficiente de variação máximo de 5%.



Verifique se a vazão total média está dentro do esperado para a mesma cota na curva-chave seguindo o disposto no documento Técnicas e procedimentos para medição de descarga líquida com perfilador acústico (ADCP).

Concluindo a análise do item 6.3, o arquivo de medição deve ser salvo com as configurações adotadas no pós-processamento e o resumo de medição deve ser gerado seguindo os seguintes passos:

- Clique em “Arquivo” na barra de ferramentas e posteriormente em “Previsualizar resumo de medição”;
- Abrirá uma janela com o Resumo da Medição, que deverá ser salva em PDF e arquivada dentro da pasta com os arquivos da medição.



Cópia de segurança: O último passo a ser realizado no campo é a realização de cópia de segurança de todas as informações levantadas (pendrive, HD externo, nuvem, etc), as quais deverão ser encaminhadas ao escritório da entidade operadora o mais rápido possível. Os arquivos estarão salvos na pasta indicada no subitem d do item 3.1

7 Manutenção, testagem e atualização

Este capítulo apresenta os procedimentos que devem ser realizados pelo usuário antes, durante e após uma campanha de medição de descarga utilizando o *RiverRay* nas etapas de manuseio, montagem e utilização, bem como, quanto aos procedimentos de inspeção do equipamento e atualização de *firmware*.

De acordo com o fabricante do equipamento, em condições normais de uso, o ADCP necessita de pouca manutenção para manter o bom funcionamento por muitos anos. Ainda assim, alguns aspectos devem ser observados para garantir o desempenho do equipamento.

7.1 Manutenção do RiverRay

Há diferentes níveis de responsabilidade pela manutenção do equipamento. Em primeiro plano estão os serviços que devem ser realizados pelo fabricante, por isso, visando garantir resultados ótimos continuamente é recomendável que cada *RiverRay* seja retornado à fábrica para averiguação a cada dois ou três anos.

Em segundo plano, estão algumas medidas relacionadas à inspeção e correção que envolvem partes internas do transdutor, essas devem ser realizadas no Centro de Instrumentação e Logística da ANA ou na Assistência Técnica do fabricante no caso de

outros usuários.

No terceiro plano, ao qual se circunscreve as medidas aqui relacionadas, estão os aspectos que devem ser observados no dia a dia pelo operador do *RiverRay*, no campo ou no escritório, para garantir o desempenho adequado do equipamento e sua conservação.

7.1.1 Cuidados no manuseio, montagem e utilização

A seguir é apresentada uma lista de itens importantes que devem ser observados cada vez que o *RiverRay* é manipulado, montado ou utilizado.

No manuseio

- Nunca coloque o transdutor em uma superfície dura ou áspera para evitar que as faces de uretano sejam danificadas;
- Remova sempre a trava aliviadora de pressão do cabo de comunicação antes de desconectar o cabo de alimentação e seu plugue de proteção para evitar que a trava se quebre;
- Não exponha as faces do transdutor à luz solar prolongada. As faces de uretano podem desenvolver rachaduras, para evitar isso, sempre as proteja quando houver exposição;
- Não exponha o conector do cabo de alimentação à luz solar prolongada. A borracha pode ficar frágil. Cubra o conector no *RiverRay* se ele estiver exposto à luz solar;
- Não armazene o ADCP em temperaturas acima de 60° C. As faces do transdutor de uretano podem ser avariadas;
- Se o ADCP encharcou, pode haver gás sob pressão dentro da carcaça. Não abra a cabeça nem a tampa inferior do transdutor, encaminhe ou comunique o fato à assistência técnica ou o Centro de Instrumentação e Logística da ANA para receber as orientações necessárias;
- Não arranhe ou danifique as superfícies ou o encaixe do anel de borracha localizado no compartimento da bateria no Trimarã. Se os arranhões ou danos existem, eles podem causar vazamento ou levar ao encharcamento do compartimento com o comprometimento da bateria e o cabeamento interno; e
- O plugue de proteção do conector deve ser instalado sempre que o cabo for removido, quando o *RiverRay* está armazenado ou está sendo manuseado.

Na montagem

- Certifique-se de que os anéis de borracha do compartimento de bateria do trimarã permaneçam no seu sulco na montagem do *RiverRay*, ajuste a peça conforme especificado pois se estiver frouxa, ausente, arranhada ou danificada pode causar a inundação do espaço;
- Use quantidades leves de lubrificante de silicone nos pinos do conector (somente na porção de borracha). Isso facilitará a conexão ou a remoção do cabo de alimen-



tação e do plugue de proteção. Conforme fabricante, deve ser usado o lubrificante de silicone 3MTM, tipo seco (ID Nº: 62- 4678-4930-3);

- Não conecte ou desconecte o cabo de alimentação com a energia aplicada; e
- O cabo de conexão pode ser conectado quando molhado, mas não quando estiver debaixo d'água.

Na utilização

- Evite o uso de materiais ferromagnéticos nas instalações de montagem ou perto do *RiverRay*, pois materiais ferromagnéticos afetam a bússola.

Tabela 11 – Itens para inspeção periódica

Item	Inspeção
Cabeça do transdutor	O revestimento de uretano é importante para a estanqueidade do <i>RiverRay</i>. Os primeiros sinais de falha de uretano ocorrem na sua superfície e borda. São causados primariamente por danos originados por longa exposição à água e ao sol ou por matéria estranha, a exemplo de bio-incrustação. Manuseio errado, produtos químicos, limpadores abrasivos e pressões de profundidade excessivas também podem danificar a cerâmica transdutora ou o revestimento de uretano. Antes de cada utilização, verifique o revestimento de uretano nas faces do transdutor para amassados, lascas, descascados, enrugamento, rachaduras e demais danos que podem afetar a estanqueidade ou operação do transdutor.
Anéis de borracha	Os anéis localizados na tampa do compartimento da bateria devem ser limpos sempre que o local for aberto e substituídos antes que mostrem quaisquer sinais de desgaste. Todos os anéis de borracha devem ser substituídos a cada um a dois anos no máximo.
Corpo do transdutor e tampa inferior	Inspecione para verificar danos e remova sujeiras e incrustações antes de cada utilização.
Peças (parafusos, cabos etc.)	Verifique todos os parafusos e arruelas em busca de sinais de corrosão antes de cada utilização. A TRDI recomenda a substituição dessas peças a cada um a dois anos no máximo. Peças avariadas nunca devem ser usadas.
Cabos e conectores	Verifique se há rachaduras ou pinos dobrados no conector do cabo de alimentação. Inspecione toda a extensão do cabo para verificar se existem cortes no isolamento ou condutores expostos antes de cada utilização.

7.1.2. Procedimentos para limpeza e manutenção periódica

Lubrificação do conector do cabo de alimentação

O conector do cabo de alimentação deve ser lubrificado antes de cada conexão, o procedimento é detalhado a seguir:

- Antes de cada conexão, use quantidades leves de lubrificante de silicone (como lubrificante de silicone 3MTM (tipo seco) tanto nos pinos machos quanto no soquete

fêmea para ajudar a acomodar os conectores do cabo. Remova o excesso de silicone das porções metálicas dos pinos. Use somente lubrificantes à base de silicone;

- Após lubrificar o conector, conecte o cabo de alimentação, a fim de espalhar o lubrificante sobre os pinos e nos conectores. Limpe qualquer lubrificante em excesso do lado de fora do conector; e
- Para confirmar se o lubrificante foi suficientemente aplicado, desconecte o cabo e verifique se há lubrificante em todos os pinos machos (porção de borracha). Se não tiver lubrificante sobre eles, aplique mais lubrificante e, em seguida, reconecte o cabo de alimentação.



NUNCA UTILIZE LUBRIFICANTE A BASE DE PETRÓLEO

Limpeza do conector do cabo de alimentação

Após utilização, limpe e remova qualquer areia acumulada ou lama no conector e na tomada do cabo de alimentação do *RiverRay*. Para limpar os conectores realize o procedimento a seguir:

- Lave os pinos e soquetes do conector com água limpa (água deionizada se disponível) para remover toda sujeira, grão e lubrificante;
- Use uma pequena escova para remover qualquer areia ou lama do conector. Limpe com um lenço sem fiapos; e
- Lubrifique novamente os pinos antes de conectar o plugue de proteção para guarda do equipamento.

Limpeza da superfície do sensor de temperatura

O sensor de temperatura está embutido na cabeça do transdutor, sob uma tampa de titânio altamente resistente a corrosão. Para responder rapidamente às mudanças na temperatura, a água deve ser capaz de fluir sobre o sensor de temperatura. Desse modo, não bloqueie a superfície do sensor e, sempre que necessário, remova qualquer matéria estranha o mais rápido possível.

Remoção de matéria estranha ou bio-incrustação

- Para remover matéria estranha e incrustação no transdutor use uma mistura de sabão e água com o auxílio de uma escova manual macia. Materiais abrasivos não devem ser usados para não danificar o revestimento de uretano nas faces do transdutor;
- Enxágue com água limpa para remover o sabão;
- Seque as faces do transdutor com ar comprimido de baixa pressão ou toalhas macias sem fiapos. Sempre seque o *RiverRay* antes de colocá-lo na caixa de armazenamento para evitar o crescimento de fungos ou moldes; e

- Não armazene o *RiverRay* em locais molhados ou úmidos.

Manutenção do trimarã do RiverRay

Os anéis de borracha do compartimento da bateria devem ser limpos sempre que for ela aberta e substituídos antes de mostrar qualquer sinal de desgaste.

Para verificar os anéis de vedação:

- Certifique-se de que o interruptor de alimentação está desligado;
- Abra a placa circular girando-a no sentido anti-horário;
- Puxe suavemente o anel de borracha da ranhura. Use uma cunha de madeira ou plástico para ajudar a levantar o anel do sulco;
- Limpe o sulco do anel usando um pano livre de fiapos. Certifique-se de que o sulco está livre de matéria estranha, sujeira e arranhões;
- Lubrifique o anel com uma fina camada de lubrificante de silicone. Use o mínimo de lubrificante possível; usar apenas uma quantidade suficiente para mudar a cor do anel. Aplique o lubrificante usando luvas de látex.
- Não solte fibras soltas ou fiapos que grudem no anel pois pode gerar vazamento; e
- Coloque o anel no sulco com a borda levantada para cima. Verifique se a tampa do compartimento da bateria está danificada e limpe a superfície de encaixe do anel e os fios usando um pano sem fiapos;
- Feche a placa circular do compartimento da bateria girando-a no sentido horário até que esteja totalmente apertada.

7.1.3. Cuidados no transporte e armazenamento

No transporte e armazenamento do *RiverRay*, alguns cuidados deverão ser observados para manter a integridade do equipamento e seu perfeito funcionamento.

Antes de armazenar o equipamento e seus acessórios nos seus respectivos estojos e malas, é necessário realizar os procedimentos de limpeza citados neste documento.

O *RiverRay* e todos os seus componentes e acessórios devem ser armazenados e transportados na mala original que acompanha o equipamento, não sendo admitido em nenhuma hipótese o transporte e armazenamento de outra maneira.

Armazene o *RiverRay* na caixa de transporte original sempre que possível, observando o seguinte:

- Remova a bateria do trimarã e certifique-se de que o interior do flutuador esteja seco;
- Desconecte o cabo de alimentação e remova o transdutor do trimarã. Coloque o plugue de proteção no conector do cabo de alimentação;
- Desmonte o trimarã (se necessário) e coloque-o em seu próprio contêiner de transporte;



- Coloque o transdutor no compartimento com espuma na parte inferior da caixa de transporte;
- Não armazene o RiverRay em locais molhados ou úmidos;
- O plugue de proteção deve ser instalado sempre que o cabo de alimentação for removido, quando o transdutor *RiverRay* estiver armazenado ou estiver sendo manipulado; e
- Não deixe as baterias dentro do trimarã por longos períodos. As baterias podem vazar, causando danos ao trimarã. Guarde as baterias em local frio e seco (0 a 21 °C).

Durante o transporte e armazenamento, a maleta do equipamento deve ser acomodada em local seco, sem temperaturas extremas, e distante de produtos químicos. A maleta do equipamento não deve ser utilizada para apoiar outros itens com peso que possa comprometer sua integridade.

Os cuidados na organização para transporte evitam que o equipamento sofra deslocamentos bruscos, batidas ou vibrações intensas durante a movimentação do veículo.

O equipamento deve ser armazenado em local apropriado, não sendo admitido, por exemplo, o armazenamento dos equipamentos dentro da cabine, porta-malas ou baú de veículos.



O transporte do equipamento já montado no trimarã até a seção de medição deve ser realizado de modo cuidadoso para evitar impactos nos transdutores e demais componentes.

7.2 Diagnóstico e testagem do RiverRay

O *RiverRay* possui um sistema de LEDs que indicam o tipo de conexão, o status do equipamento e as informações de diagnóstico, conforme descrito na Tabela 12.

Quando o *RiverRay* é ligado (energizado) e passa pelo autoteste, os LEDs azul e verde indicarão o tipo de conexão que foi estabelecida, azul para *bluetooth* e verde para comunicação via cabo serial. Os LEDs verdes e vermelhos retratam o status do sistema e as informações de diagnóstico, respectivamente.

Tabela 12 – Diagnóstico de LEDs

DESCRIÇÃO	VERMELHO	VERDE	AZUL
Carregando FPGA (arranjo de portas programáveis)	LIGADO	LIGADO	LIGADO Aguardando a coleta de dados (<i>pinging</i>)
Auto teste de inicialização OK	DESLIGADA	LIGADO Piscar duas vezes e permanecer acesa	
Erro de sistema: Falha de comunicação	LIGADO Uma piscada a cada 2 segundos	Em espera	
Erro de sistema: Falha no sensor	LIGADO Uma piscada a cada 2 segundos		
Erro de sistema: Falha no <i>bluetooth</i>	LIGADO Uma piscada a cada 2 segundos		
Erro de sistema: Outras falhas	LIGADO		
Bateria com baixa carga	LIGADO Piscando lentamente		
Equipamento pronto e em espera da coleta de dados	DESLIGADA	LIGADO	
Coleta de dados (<i>Pinging</i>)	DESLIGADA	LIGADO Piscando rápido	LIGADO Piscando rápido
Conexão <i>bluetooth</i>	DESLIGADA	LIGADO	LIGADO

Fonte: RiverRay ADCP Guide, TRDI, julho de 2019 (Adaptado)

A “falha no sensor” pode ser ocasionada por um problema nos sensores internos do ADCP ou mesmo em algum periférico, como o GNSS. O diagnóstico do equipamento, realizado antes das medições irá verificar os sensores internos, enquanto os externos podem ser verificados realizando uma nova conexão, garantindo a exposição do GNSS e/ou configurando a velocidade de comunicação corretamente, que no caso dos GNSS AtlasLink devem ser de 115200.

 Quando o RiverRay possuir o sistema de apenas um LED tricolor, ele ficará verde até a metade da inicialização e posteriormente irá piscar em amarelo. Quando o autoteste for concluído, o LED ficará amarelo sólido quando a comunicação for realizada com cabo serial e azul quando for realizada via *bluetooth*.

Na Tabela 13 são descritas as possíveis soluções de problemas, tendo em vista a indicação das LEDs.

Tabela 13 – Possíveis soluções para indicações dos LEDs

Indicação	Possíveis soluções
LEDs não acendem	Verifique a conexão da bateria 12V; Ligue o interruptor de alimentação do trimarã; Verifique o fusível do trimarã.
LED vermelho aceso ou piscando	Use o comando <BREAK> no <i>software</i> BBTALK para interromper ou ativar o <i>RiverRay</i> (Ele irá carregar as últimas informações salvas); Verifique as conexões e a carga da bateria e reinicie; Se o erro permanecer, deverá ser feito um diagnóstico mais detalhado pelo BBTALK (Comandos Pso, PS3, PA e PC2).
LED azul não acende	Verifique a configuração do <i>bluetooth</i> no seu computador; Use o comando <BREAK> no <i>software</i> BBTALK para interromper ou ativar o <i>RiverRay</i> (Ele irá carregar as últimas informações salvas); Tente usar o <i>RiverRay</i> com o cabo de comunicação serial; Verifique a carga da bateria.
Conexão <i>bluetooth</i> intermitente	O <i>RiverRay</i> pode estar fora de alcance, o computador deve ficar com uma linha de visão clara do <i>RiverRay</i>; A temperatura interna do <i>RiverRay</i> pode estar acima de 50°C. Remova o equipamento para um local mais frio e tente conectar novamente.

Fonte: *RiverRay ADCP Guide*, TRDI, julho de 2019 (Adaptado)



A utilização do *software* BBTALK não faz parte do escopo deste tutorial, portanto, quando for necessária sua utilização, recomenda-se o uso do guia elaborado pelo fabricante, *RiverRay ADCP Guide 2019*.

7.3 Teste do equipamento

A implementação de uma rotina de testes é importante para identificar previamente peças faltantes ou eventuais problemas no equipamento, de forma que eles possam ser sanados antes de sua utilização em campo. A rotina tem como objetivo garantir que o equipamento esteja em boas condições de funcionamento, onde serão verificados possíveis problemas de funcionamento ou de mau uso do equipamento.

A testagem deve ser realizada pelo menos duas vezes, sempre antes e após as campanhas de campo.

Esta rotina deve contemplar minimamente os seguintes itens:

- Verificação da comunicação entre o ADCP e seus componentes;
- Teste de sistema;
- Teste do termômetro do ADCP;
- Questionário de avaliação de funcionamento em campo.

7.3.1 Verificação da comunicação entre o RiverRay e demais componentes

Para identificar possíveis problemas nos cabos e conectores, recomenda-se que seja realizada a comunicação entre o *RiverRay* e seus periféricos com o notebook.

Quando o *RiverRay* possuir o Trimarã, a comunicação deve ser estabelecida com este, para garantir que os dispositivos de comunicação *bluetooth* estejam operando adequadamente. Sem o uso do Trimarã, o *RiverRay* e o receptor GNSS devem ser conectados via cabo, cada um em sua porta (COMX), para verificar se os equipamentos estão em boas condições de funcionamento.

Para realizar a montagem dos equipamentos e estabelecer as comunicações, verifique os passos descritos nos capítulos 4 e 5 deste tutorial.

7.3.2 Teste de sistema

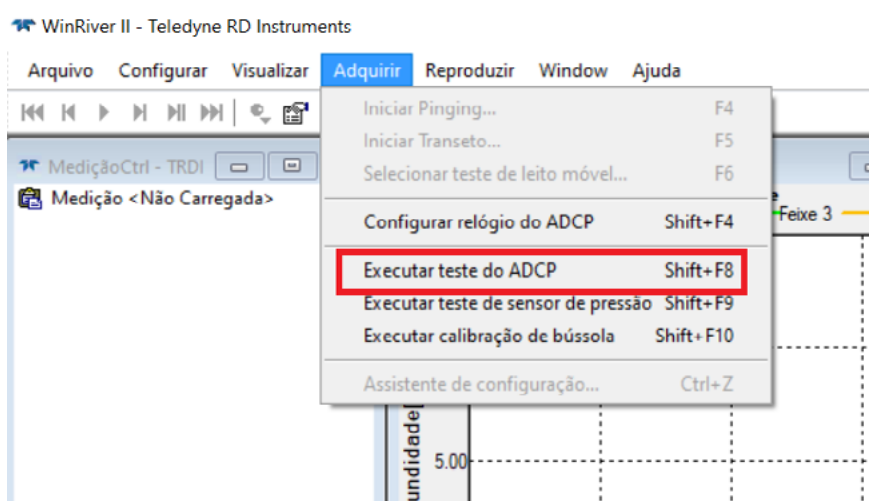
O teste de sistema é realizado de forma automática pelo *WinRiver II*. Ele verifica a memória RAM e ROM, a comunicação, a bússola e o funcionamento dos transdutores.

Este teste deve ser realizado com o equipamento dentro da água. A execução fora d'água pode apresentar falha em alguns dos testes, prejudicando a interpretação dos seus resultados.

Para executá-lo, devem ser seguidos os seguintes passos:

- Estabeleça a comunicação entre o notebook e o ADCP;
- Abra o programa *WinRiver II*;
- No menu “Adquirir” do programa, selecione a opção “Executar teste do ADCP”.

Figura 78 – Seleção da ferramenta de teste do ADCP





O “Teste do ADCP” no *WinRiver II* executa de forma automática as seguintes rotinas de testes:

PS0: Exibe as informações específicas do equipamento, número de série, frequência, versão do *firmware*, etc;

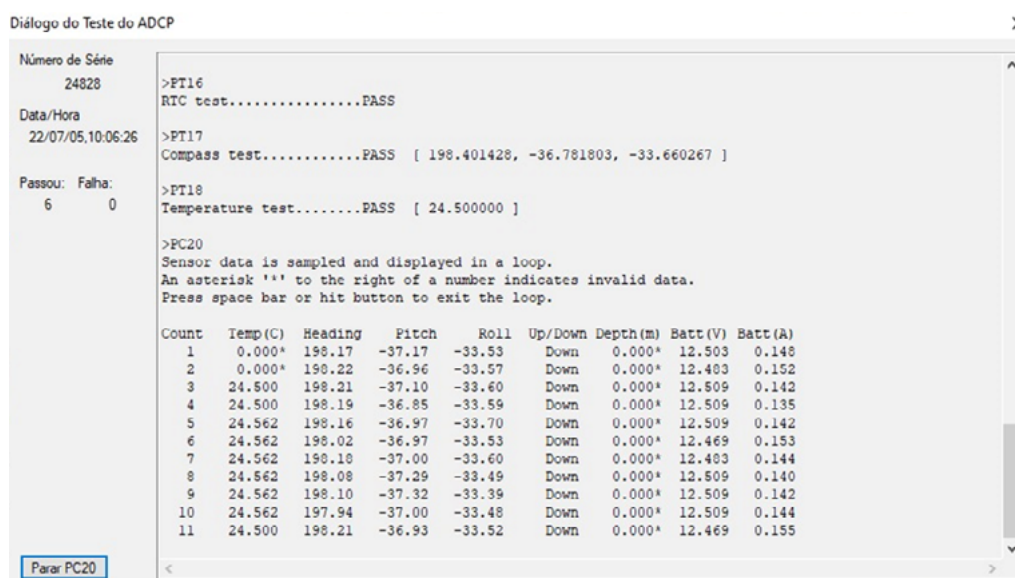
PS3: Exibe as informações sobre os feixes e matriz de transformação;

PA: Verifica os principais módulos do RiverRay, como a memória RAM e ROM, bússola e sensor de temperatura;

PC2: Exibe as informações de rumo da bússola, *pitch*, *roll*, temperatura e tensão da bateria.

Caso o teste identifique algum problema no equipamento, este será contabilizado como falha na janela de diálogo do teste.

Figura 79 – Janela de Diálogo do Teste do ADCP



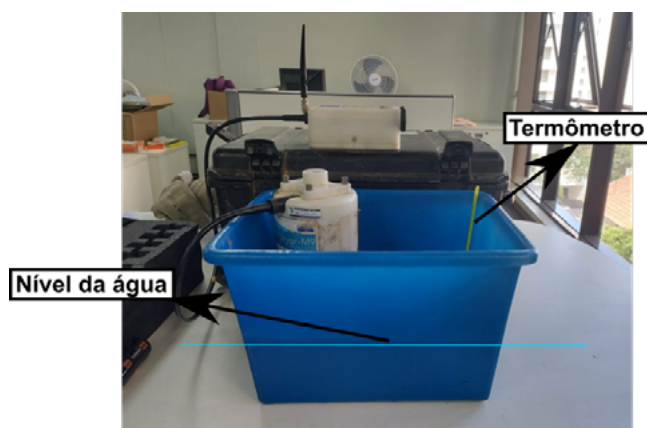
O resultado do teste deve ser armazenado de forma sistemática, para compor um histórico do equipamento.



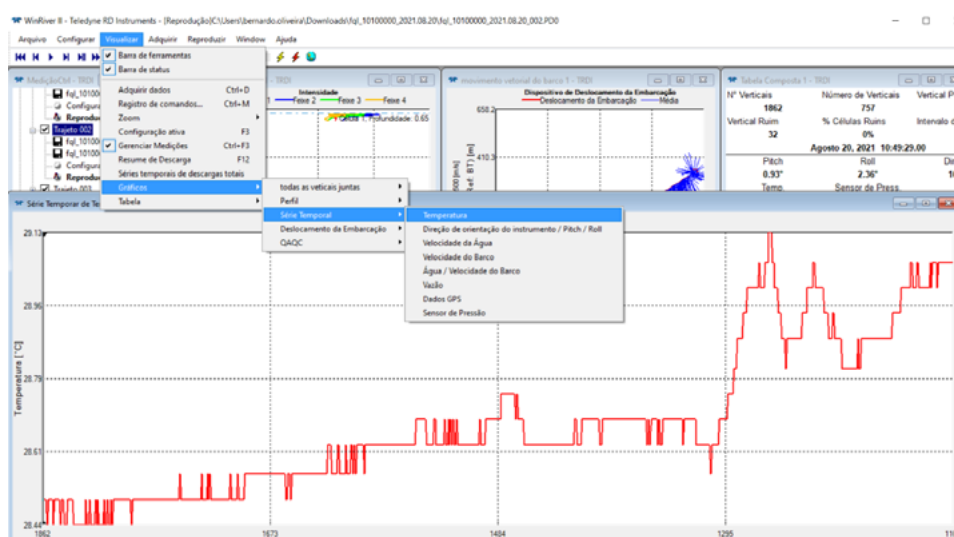
Caso o equipamento apresente alguma falha, o arquivo de teste deve ser enviado para a assistência técnica juntamente com os arquivos das últimas medições.

7.3.3 Teste do termômetro do ADCP

O teste do termômetro do ADCP tem como objetivo verificar se o equipamento está medindo corretamente a temperatura da água. Para tanto, o *RiverRay*, previamente conectado ao computador, deve ser colocado em um reservatório com água suficiente para cobrir o termômetro, que fica localizado na cabeça do transdutor (ver Figura 4 do capítulo 2). A temperatura da água no reservatório deve ser medida com um termômetro independente certificado.

Figura 80 – Teste do sensor de temperatura

A variação da temperatura da água medida pelo *RiverRay* durante o teste pode ser observada no gráfico de série temporal da temperatura, disponível no ícone visualizar da barra de ferramentas do *WinRiver II*.

Figura 81 – Tela do *WinRiver II* com gráfico de variação de temperatura medida pelo sensor

A temperatura do *RiverRay* pode levar 30 minutos ou mais para se estabilizar, dependendo das condições ambientes (MUELLER *et al.*, 2013). A diferença entre a temperatura medida pelo equipamento e o termômetro independente deve ser menor do que 2°C, de modo que diferenças acima desse limiar indicam problemas na medida realizada pelo ADCP. Nestas situações, não se deve utilizar o equipamento para realizar medições de descarga líquida.

7.3.4 Questionário de avaliação de funcionamento em campo

O questionário tem como objetivo identificar indícios de problemas no funcionamento do equipamento e deve ser aplicado sempre que o equipamento retornar de campo, independente se ele será armazenado ou utilizado em uma nova campanha imediatamente. O questionário deve conter, ao menos, as seguintes questões:

- Dificuldade em realizar a calibração da bússola?
- Dificuldade em realizar teste de fundo móvel (*Loop*)?
- Dificuldade em realizar teste de fundo móvel (*SMBA*)?
- Erros no teste de sistema?

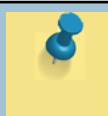
- O consumo de bateria foi normal durante as medições?
- Houve problemas de comunicação com o notebook?
- Houve ocorrências que possam comprometer o funcionamento do equipamento (queda, batida, entrada de água em partes eletrônicas etc.)?

7.4 Atualização do firmware

Os equipamentos devem estar sempre atualizados com a última versão de *firmware* e *software* disponibilizados pelo fabricante do equipamento. A atualização de *firmware* deve seguir rigorosamente o procedimento indicado pelo fabricante.

O *firmware* do *RiverRay* deve ser atualizado sempre que uma nova versão ou atualização seja recomendada pelo fabricante. Os novos *firmwares* podem ser baixados, após cadastro, a partir do site da TRDI no endereço eletrônico: <https://tm-portal.force.com/TMsoftwareportal>. Também há um sumário das versões do programa, seus status e principais atualizações na página da USGS (<https://hydroacoustics.usgs.gov/movingboat/riverray.shtml>).

A atualização deve ser realizada em ambiente estável, de preferência dentro do escritório ou local que seja destinado para este tipo de trabalho.



No momento da elaboração deste tutorial, haviam duas recomendações importantes do USGS sobre as versões de *firmware* a serem utilizadas, conforme o ano de fabricação dos equipamentos:

Firmware versão 44.22 – Essa é a versão mínima requerida para os equipamentos fabricados após março de 2020;

Firmware versão 44.24 – Essa é a versão mínima requerida para os equipamentos fabricados após novembro de 2020.



Qualquer problema que ocorra durante a atualização do *firmware* que impeça sua conclusão, pode inviabilizar a utilização do equipamento. Caso isso ocorra, o *RiverRay* precisará ser enviado para manutenção no fabricante.



Para a atualização do *firmware*, sempre use uma bateria com carga acima de 12.5V, de preferência nova. Dessa forma, eventuais problemas ocasionados pela queda de energia durante a atualização do *firmware* serão eliminados.

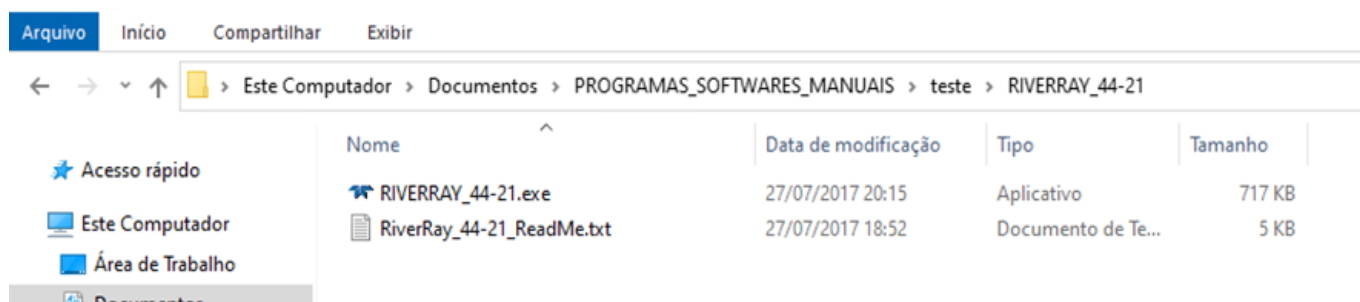
Para a atualização do *firmware* é necessário seguir os seguintes passos:

- a. Conecte o cabo de comunicação do *RiverRay* à porta USB do computador, usando o adaptador USB/Serial. Posteriormente, verifique o número da porta de comunicação USB via gerenciador de dispositivos do *Windows*;
- b. Abra a pasta com o *firmware* (arquivo *RIVERRAY_X.exe*, onde *X* = versão do *firmware*) que será utilizado para atualização. Para maiores detalhes sobre as novi-

dades da versão do *firmware* leia o arquivo README.TXT também disponível na pasta (Figura 82);

- c. Execute o arquivo (.exe) de atualização do *firmware*;

Figura 82 – Pasta com os arquivos para atualização do *firmware*



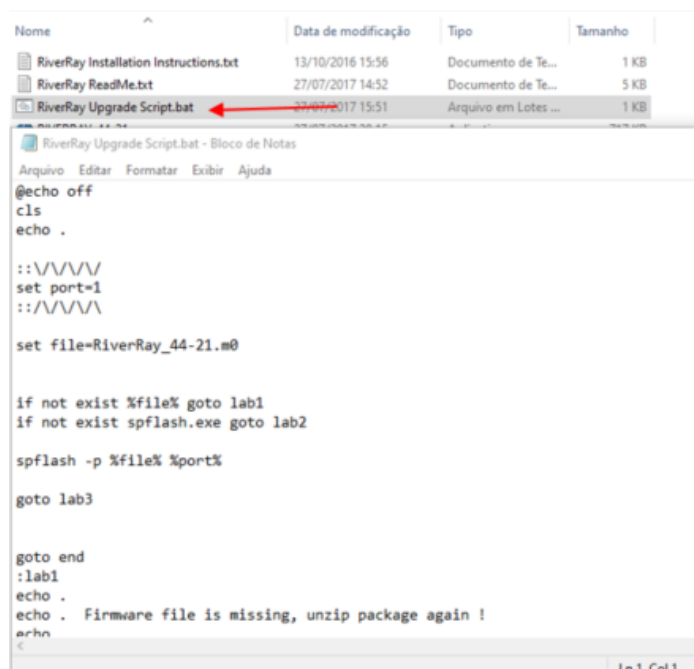
- d. Após executar o programa do *firmware* aparecerão novos arquivos (Figura 83);

Figura 83 – Novos arquivos criados na pasta após execução

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
RiverRay Installation Instructions.txt	13/10/2016 15:56	Documento de Te...	1 KB
RiverRay ReadMe.txt	27/07/2017 14:52	Documento de Te...	5 KB
RiverRay Upgrade Script.bat	27/07/2017 15:51	Arquivo em Lotes ...	1 KB
RIVERRAY_44-21.exe	27/07/2017 20:15	Aplicativo	717 KB
RiverRay_44-21.m0	27/07/2017 15:32	Arquivo M0	2,755 KB
RiverRay_44-21_ReadMe.txt	27/07/2017 18:52	Documento de Te...	5 KB
SPFlash.exe	19/08/2015 15:50	Aplicativo	81 KB

- e. Na sequência é necessário indicar a porta USB do computador onde o cabo de alimentação foi conectado. Para isso, selecionar o arquivo “RiverRay Upgrade Script.bat” e clicar com o botão direito do mouse. Após, selecionar o menu editar (Figura 84);

Figura 84 – Procedimento para indicar a porta USB



- f. O bloco de notas abrirá o arquivo para edição. Altere “set port=” para o número da porta que está conectado o cabo de comunicação do medidor acústico (Figura 85);

Figura 85 – Procedimento para ajustar a porta de comunicação no *firmware* do *RiverRay*



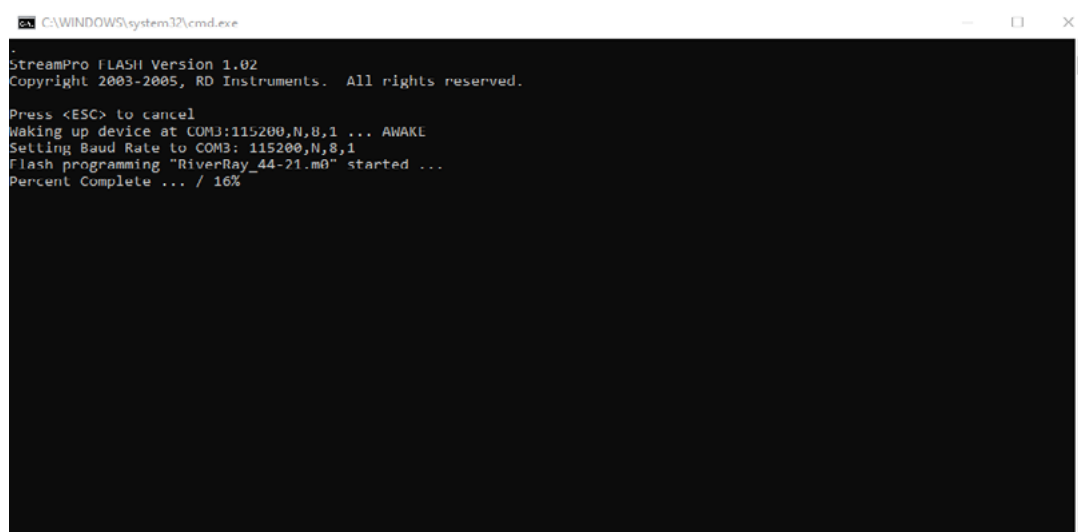
```
*RiverRay Upgrade Script.bat - Bloco de Notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
@echo off
cls
echo .

::\\\\\\
set port=3
::\\\\\\

set file=RiverRay_44-21.m0
```

- g. Após alterar para a porta correta, salve e feche o bloco de notas;
- h. Posteriormente, inicie a atualização clicando duas vezes no arquivo “**RiverRay Upgrade Script.bat**”. Neste momento, abrirá uma tela preta onde é possível acompanhar o processo de atualização (Figura 86).

Figura 86 – Tela de acompanhamento do progresso da atualização do *RiverRay*



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
StreamPro FLASH Version 1.02
Copyright 2003-2005, RD Instruments. All rights reserved.

Press <ESC> to cancel
Waking up device at COM3:115200,N,8,1 ... AWAKE
Setting Baud Rate to COM3: 115200,N,8,1
Flash programming "RiverRay_44-21.m0" started ...
Percent Complete ... / 16%
```



Tradução dos termos, para acompanhar a atualização:

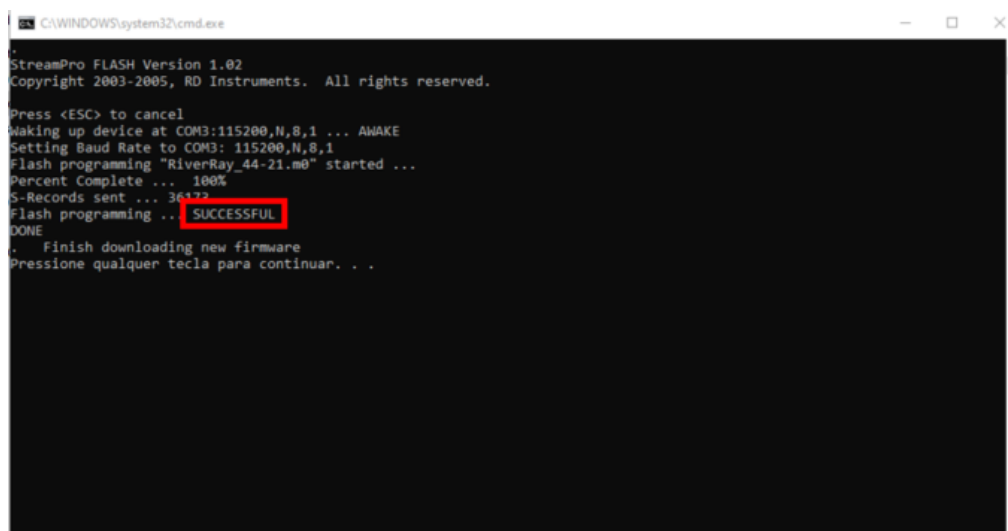
Waking up device at COM3: Acordando o equipamento na porta COM3

AWAKE: Acordou

Setting Baud rate to COM3: Configurando taxa de conexão na porta COM3

Flash programming “RiverRa-y_44-21.m0: Executando programa de atualização do *firmware*

Percent Complete: Porcentagem completa (até 100%)

Figura 87 – Tela de acompanhamento do progresso da atualização do *RiverRay*


```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
StreamPro FLASH Version 1.02
Copyright 2003-2005, RD Instruments. All rights reserved.

Press <ESC> to cancel
Waking up device at COM3:115200,N,8,1 ... AWAKE
Setting Baud Rate to COM3: 115200,N,8,1
Flash programming "RiverRay_44-21.m0" started ...
Percent Complete ... 100%
S-Records sent ... 36172
Flash programming ... SUCCESSFUL
DONE
Finish downloading new firmware
Pressione qualquer tecla para continuar. . .

```



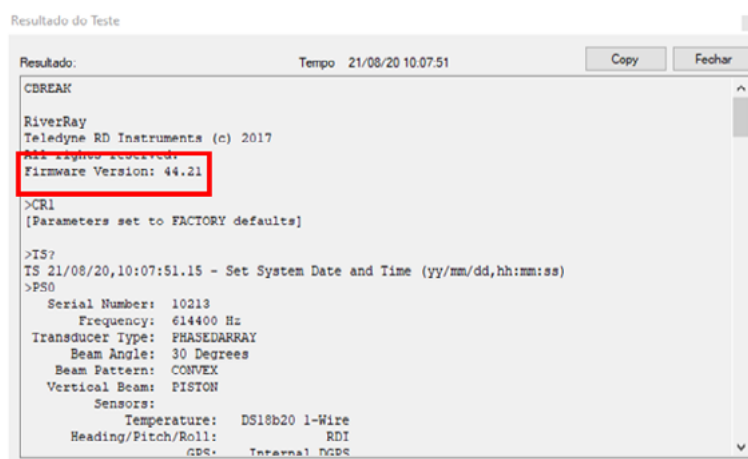
Tradução dos termos da conclusão da atualização:

Flash programmin... Sucessful: Atualização de *firmware* completa!

DONE: Feito

Finish downloading new firmware: Finalizando a atualização do novo *firmware*

- i. Após a conclusão da atualização será informado que o *firmware* foi atualizado com sucesso (Figura 87);
- j. Para confirmar se o *firmware* foi atualizado corretamente, faça um teste “diagnóstico do equipamento” e verifique se a versão está correta.

Figura 88 – Janela de teste diagnóstico do ADCP com a versão do *firmware*

A adequada aplicação dos procedimentos dispostos nesta seção depende do estabelecimento de locais para o arquivamento das saídas dos testes e dos formulários de *checklist*.

Também é necessário designar pelo menos dois profissionais responsáveis pela execução do disposto nos itens 7.2 e 7.3 deste tutorial.

Os *checklists*, atualizações e formulários de inspeção dos equipamentos devem ser controlados pelo número de série ou número do patrimônio dos equipamentos.



8 Referências

CHEN, Cheng-Lung. Power law of flow resistance in open channels—Manning’s formula revisited: **Proceedings of the International Conference on Channel Flow and Catchment Runoff, Centennial of Manning’s Formula and Kuichling’s Rational Formula**, May 22–26, 1989, Charlottesville, Va., v. 8, p. 17–48.

MUELLER, David S.; WAGNER, Chad R.; REHMEL, Michael S.; OBERG, Kevin A. e RAINVILLE, François. **Measuring discharge with acoustic doppler current profilers from a moving boat**. USGS, v. 2, p. 95, 2013. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/tm/3a22/> Acesso em: 16 de maio de 2021.

TELEDYNE RD INSTRUMENTS **RiverRay ADCP Guide**, Teledyne, 2019 Disponível em <https://www.teledynemarine.com/rdi> Acesso em 05 de outubro de 2022

TUTORIAL III – Software QRev – Manual Técnico

Uma vez que o idioma pode ser uma barreira importante para muitos profissionais que operam equipamentos acústicos. Este capítulo apresenta uma tradução independente, para fins informativos, de parte do manual técnico do QRev. A versão original pode ser encontrada em: <https://hydroacoustics.usgs.gov/movingboat/QRev.shtml>

Apresentação

Este documento apresenta uma tradução não oficial de parte do manual técnico do *software* Qrev, elaborado pelo USGS, para dar suporte ao pós-processamento de medições acústicas com barco em movimento.

O pós-processamento de medições de descarga líquida realizadas utilizando perfiladores acústicos de corrente por efeito Doppler (ADCPs) com barco em movimento é uma etapa importante na determinação da descarga líquida final que será utilizada para o monitoramento de relações cota-vazão. Durante o pós-processamento é possível detectar e corrigir inconsistências e problemas nas variáveis envolvidas no cálculo da descarga líquida.

O QRev apresenta as informações coletadas de forma organizada e lógica que permite a visualização rápida de problemas críticos. Possui filtros de qualidade das variáveis envolvidas na medição de descarga líquida e ainda métodos alternativos para interpolação de dados inválidos e extrapolação em áreas não medidas pelo ADCP que possibilitam, além do refinamento da qualidade da medição, avaliar de modo sistemático e padronizado a qualidade de medições de descarga líquida realizadas utilizando ADCPs.

As seções seguintes apresentam todos os itens constantes nos capítulos *Data Processing Algorithms*, *Data File Formats* e *Summary and Need for Further Development* do documento original. Por concisão e sem comprometer o objetivo principal deste documento, foram suprimidos os capítulos *Abstract*, *Introduction*, *Description Software* e Apêndices do documento original. Termos cuja tradução possa causar ambiguidade ou sem relação tradução para o português são explicados em forma de nota de rodapé.

1 Algoritmos de processamento de dados

Antes que os dados de velocidade e profundidade medidos pelo ADCP possam ser usados para calcular a descarga líquida, esses dados devem ser processados. O processamento inclui a transformação para coordenadas ENU, identificação de dados inválidos e estimativa da descarga líquida nas áreas com dados inválidos.

Dados inválidos são locais dentro da seção transversal onde não existem dados válidos para calcular a descarga. Dados inválidos podem ocorrer por conta de uma limitação do equipamento em medir uma determinada área (por exemplo, na região do efeito *side-lobe*) ou são dados cuja inconsistência foi apontada por algum indicador de qualidade (por exemplo, o erro de velocidade).

Algoritmos para estimativa de dados inválidos ou para descarga líquida resultante são importantes para obter a melhor medição de descarga líquida possível. Esta etapa de processamento de dados é onde os *softwares* dos fabricantes *WinRiver II* e *River-Surveyor Live* possuem mais diferenças entre si. Esta etapa também é onde o *QRev* (figura 1) apresenta melhorias em termos de precisão e eficiência quando comparado às abordagens atualmente utilizadas pelo *WinRiver II* e *RiverSurveyor Live*. Um resumo das diferenças no processamento de dados entre *WinRiver II*, *RiverSurveyor Live* e *QRev* é apresentada na Tabela 1.

Figura 1 – Tela inicial do *QRev* que apresenta o resumo da medição de descarga líquida

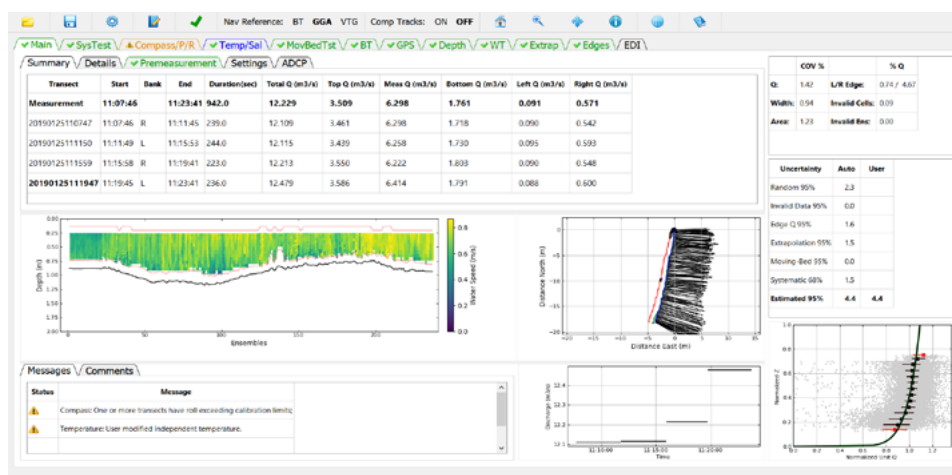


Tabela 1 – Filtros e tratamento de dados inválidos em cada programa de pós-processamento²

Tipo de processamento	WinRiver II	RiverSurveyor Live	Qrev
Velocidade do barco com Bottom Track			
Filtro	Solução de 3 feixes	nenhum	Solução de 3 feixes
	Erro de Velocidade		Erro de Velocidade
	Velocidade vertical		Velocidade vertical
			Detecção de <i>Outliers</i>
Dados inválidos	Amostra vertical não é utilizada	Mantém a última velocidade válida para 10 amostras verticais e, em seguida, define a velocidade para zero	Interpolação linear de cada componente de velocidade com tempo como variável independente
	Duração da amostra seguinte é estendida		
Velocidade do barco com GGA ou VTG			
Filtro	nenhum	nenhum	Qualidade da correção diferencial
			Máxima mudança do HDOP
			Variação de altitude
			Detecção de Outliers

² Ordem dos itens foi invertida e adotado esquema de cores para facilitar a compreensão.

Dados inválidos	Último dado válido é mantido indefinidamente	Amostra vertical não é utilizada	Interpolação linear de cada componente de velocidade com tempo como variável independente
		Duração da amostra seguinte é estendida	
Profundidades			
Filtro	Mínimo de 3 feixes inclinados válidos ou feixe vertical válido	Nenhum	Filtro de múltiplas reflexões
	Filtro de múltiplas reflexões		Detecção de <i>Outliers</i>
	Velocidade do Bottom Track Válida		
Dados inválidos	Amostra vertical não é utilizada	Última profundidade válida é mantida indefinidamente	Interpolação linear com comprimento acumulado ao longo da travessia como variável independente
	Duração da amostra seguinte é estendida		
Velocidade da água			
Remoção da região de <i>Side-Lobe</i>	Solução de 3 feixes Erro de Velocidade Velocidade vertical	nenhum	Solução de 3 feixes Erro de Velocidade Velocidade vertical Detecção de Outliers
Filtro	Solução de 3 feixes Erro de Velocidade Velocidade vertical	nenhum	Solução de 3 feixes Erro de Velocidade Velocidade vertical Detecção de Outliers
Dados inválidos	Amostra vertical não é utilizada	Mantém a última velocidade válida para 10 amostras verticais e, em seguida, define a velocidade para zero.	Interpolação linear de cada componente de velocidade com tempo como variável independente
	Duração da amostra seguinte é estendida		

2 Calculando a descarga para dados inválidos

O *WinRiver II* permite ao usuário filtrar os dados coletados definindo manualmente os parâmetros de diversos filtros disponíveis. A definição adequada desses parâmetros requer alguma experiência e pode ser um processo iterativo. O *WinRiver II* também requer profundidade, velocidade do barco e velocidade da água válidas para calcular a descarga de uma amostra vertical (*sample* ou *ensemble*). Caso um destes elementos da amostra vertical esteja inválido, a amostra vertical é considerada inválida e a duração da amostra vertical posterior válida é estendida. Os dados válidos da amostra inválida são ignorados e a amostra inválida é preenchida com os dados da próxima amostra válida. A exceção ocorre para dados do *Global Position System* (GPS), se uma nova velocidade referenciada por GPS não for válida, a amostra vertical utiliza a informação da última amostra válida.

O *RiverSurveyor Live* não fornece ao usuário nenhuma ferramenta para filtrar os dados. Se o ADCP falhar em obter uma profundidade válida em uma amostra vertical, a profundidade anterior é usada até que uma nova profundidade válida seja coletada. Se utilizando o *Bottom Track* como referência de trajeto o ADCP falhar em obter uma velocidade de barco válida para uma amostra vertical, a velocidade de barco válida anterior é usada até que uma nova velocidade de barco válida seja obtida ou até que 10 amostras verticais tenham passado. Após 10 amostras verticais consecutivas com uma velocidade de barco inválida, a velocidade do barco é definida como zero para todas as amostras verticais subsequentes até que uma velocidade de barco válida seja obtida. Esta abordagem calcula descarga líquida zero para as amostras verticais em que foi atribuída velocidade do barco zero. Se a referência de velocidade do barco for definida utilizando GPS GGA ou VTG e a velocidade do barco for inválida, os dados dessa amostra vertical são ignorados e é estendida a duração da amostra vertical válida posterior.

O QRev utiliza os melhores dados disponíveis e interpola qualquer dado inválido. O cálculo da descarga líquida requer profundidade, velocidade do barco e velocidade da água válida. Dados válidos de velocidade da água dependem de dados válidos de profundidade e velocidade do barco. Os dados de velocidade e profundidade do barco são independentes. No entanto, o QRev utiliza a largura da travessia (que depende da velocidade do barco) para interpolar dados de profundidade inválidos.

Portanto, o fluxo de trabalho no QRev começa por filtrar e interpolar a velocidade do barco para que cada amostra vertical tenha uma velocidade do barco (medida ou interpolada) associada a ele antes de processar os dados de profundidade. Os dados de profundidade são então filtrados e interpolados para que cada conjunto tenha uma profundidade. Depois que cada amostra vertical tem velocidades e profundidades de barco, os dados de velocidade da água podem ser processados, filtrados e interpolados. A descarga líquida de cada amostra vertical pode então ser calculada uma vez que cada amostra vertical possui dados de profundidade, velocidade do barco e velocidade da água. Todos os dados válidos são usados e qualquer dado inválido é interpolado.

3 Transformação de coordenadas

A transformação de coordenadas é necessária para transformar os dados brutos coletados pelo ADCP em coordenadas ortogonais. O efeito Doppler ocorre ao longo (paralelo) dos feixes acústicos. O ADCP mede os vetores de velocidade que são paralelos aos quatro feixes. Esta velocidade medida pelo ADCP é denominada velocidade de feixe ou coordenadas de feixe. Esses quatro vetores de velocidade de feixe podem ser transformados em um sistema de coordenadas ortogonal que é referido como coordenadas do instrumento ou coordenadas x, y e z (u, v e w para componentes de velocidade). Apenas três feixes são suficientes para completar a transformação de coordenadas de feixe para um sistema de coordenadas ortogonal.

Para ADCPs com quatro feixes, um quarto componente pode ser calculado. Este quarto componente é a diferença na velocidade vertical determinada a partir de cada par de feixes opostos. Nos equipamentos da Sontek este quarto componente pode ser referido como uma diferença de velocidade (SonTek, 2015), e nos equipamentos da TRDI a diferença de velocidade é padronizada e denominada de erro de velocidade (Teledyne RD Instruments, 1998).

A padronização no cálculo do erro de velocidade torna a magnitude do erro de velocidade (raiz quadrada média) correspondente à média das magnitudes dos componentes de velocidade horizontal (u e v). Essa padronização permite que em escoamentos horizontalmente homogêneos, a variância do erro de velocidade indique que parte da variância de cada um dos componentes horizontais (u e v) é atribuída ao ruído do instrumento (Teledyne RD Instruments, 1998). Se o campo do escoamento for homogêneo, a diferença entre as velocidades verticais será em média zero.

O QRev calcula o erro de velocidade tanto para os dados coletados com equipamentos da TRDI quanto da SonTek e o utiliza para rastrear dados inválidos. Em ADCPs de quatro feixes a transformação de coordenadas de feixe para coordenadas de instrumento é feita utilizando as seguintes equações:

$$V_Y = (B_4 - B_3)/2 \cos \theta \quad (1)$$

$$V_X = (B_1 - B_2)/2 \sin \theta \quad (2)$$

$$V_Z = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4)/4 \cos \theta \quad (3)$$

$$V_{erro} = (B_1 + B_2 - B_3 - B_4)/(2\sqrt{2} \sin \theta) \quad (4)$$

Onde:

V_X é a velocidade do escoamento na direção x (u)

V_Y é a velocidade do escoamento na direção y (v)

V_Z é a velocidade do escoamento na direção z (w)

B_i é a velocidade radial medida pelo feixe i (i = 1,2,3,4)

θ é a inclinação dos feixes em relação à vertical

V_{erro} é o erro de velocidade padronizado

As equações de 1 a 4 podem ser expressas em termos de uma matriz de transformação nominal com os seguintes termos:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2 \sin \theta} & \frac{-1}{2 \sin \theta} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{2 \sin \theta} & \frac{1}{2 \sin \theta} \\ \frac{1}{4 \cos \theta} & \frac{1}{4 \cos \theta} & \frac{1}{4 \cos \theta} & \frac{1}{4 \cos \theta} \\ \frac{1}{2\sqrt{2} \sin \theta} & \frac{1}{2\sqrt{2} \sin \theta} & \frac{1}{2\sqrt{2} \sin \theta} & \frac{1}{2\sqrt{2} \sin \theta} \end{bmatrix} \quad (5)$$

A matriz é definida como matriz nominal uma vez que é a matriz ideal. No entanto, durante a fabricação, os transdutores podem não ser encapsulados perfeitamente, resultando em algum desalinhamento. Nestes casos os fabricantes testam cada ADCP e criam uma matriz de transformação personalizada que considera o desalinhamento dos feixes em cada ADCP. O QRev faz a leitura desta matriz personalizada dos dados brutos e, se necessário, aplica a matriz às velocidades brutas do feixe.

Os dados são posteriormente transformados para correção do *pitch* e *roll* e produzir o que o TRDI chama de coordenadas do barco (Teledyne RD Instruments, 1998). Então é feita uma transformação adicional para projetar as coordenadas do barco utilizando o rumo medido por uma bússola e resulta em coordenadas ENU (*East-North-Up*). A aplicação das transformações é feita automaticamente pelo QRev e todos os cálculos são concluídos usando coordenadas ENU. Caso o ADCP não tenha bússola, o rumo, a inclinação e a rotação são definidos como zero e a transformação termina nas coordenadas do barco.

Se três dos quatro feixes do ADCP obtiverem medidas válidas, então uma solução de três feixes para os componentes de velocidade x, y e z é realizada e o erro de velocidade não é calculado. O QRev utiliza a abordagem documentada em Teledyne RD Instruments (1998) para calcular u, v e w usando três feixes. A velocidade do feixe inválida é substituída por um valor calculado a partir da última linha da matriz de transformação do instrumento de modo a forçar o erro de velocidade para zero. A transformação do feixe para as coordenadas do instrumento é então calculada da maneira usual, usando as três primeiras linhas da matriz de transformação do instrumento.

4 Velocidade do Barco

A velocidade do ADCP durante a travessia é denominada neste documento como velocidade do barco. O cálculo da velocidade da água depende da determinação da velocidade do barco. A velocidade do barco pode ser obtida utilizando como referência de trajeto o *Bottom Track* ou um dos sistemas GPS disponíveis GPS-GGA ou GPS-VTG.

O QRev aplica filtros em cada uma dessas referências para identificar dados errados. Os dados errados são marcados como inválidos e substituídos por um valor da interpolação linear ou de uma das outras referências de velocidade do barco disponíveis, caso a função de trajetos compostos esteja ativada. Os filtros para as diferentes referências de velocidade do barco são diferentes, porém o algoritmo de interpolação para dados inválidos é o mesmo.

4.1 Filtros do Bottom Track

O QRev inclui os mesmos filtros do *WinRiver II*: soluções de três feixes, erro de velocidade e velocidade vertical. Diferente do *WinRiver II*, onde esses filtros devem ser definidos manualmente, o QRev determina automaticamente os limites apropriados e aplica os filtros aos dados coletados por ADCPs TRDI ou SonTek. Além disso, o QRev conta ainda com um método de detecção de *outliers*.

4.1.1 Soluções de três feixes

Os ADCPs TRDI e SonTek atuais (2020) possuem configuração Janus de quatro feixes. A maioria das soluções de velocidade utilizando como referência de trajeto o *Bottom Track* utiliza os quatro feixes, mesmo que três feixes sejam o suficiente para calcular as velocidades u , v e w em coordenadas ortogonais (x , y e z).

Caso um dos feixes não forneça um retorno acústico suficiente para detectar a mudança de frequência Doppler, a velocidade do barco pode ser calculada usando os três feixes restantes. Embora as soluções de três feixes produzam velocidades confiáveis, em alguns casos é possível detectar erros elementares na solução de três feixes.

Considerando isso o QRev fornece três opções a seguir para tratar as soluções de três e quatro feixes:

- (1) Aceitar apenas soluções de quatro feixes;
- (2) Permitir soluções de três feixes
- (3) Modo automático (*default* do QRev).

No modo automático as componentes u e v da velocidade calculada com a soluções de três feixes são comparadas com as componentes u e v adjacentes ou próximas da velocidade calculada utilizando a solução de quatro feixes.

As componentes u e v da solução de três feixes são consideradas válidas se a diferença absoluta em relação às respectivas componentes da solução de quatro feixe não for maior do que 50%. Caso contrário, a velocidade de três feixes é marcada como inválida.

4.1.2 Filtro do erro de velocidade

O QRev aplica a equação 4 aos dados do ADCP para detectar dados errôneos e identificá-los como inválidos. As velocidades horizontais em uma amostra vertical onde os erros de velocidade estão fora de um limiar são consideradas inválidas.

O QRev permite ao usuário definir manualmente um limiar para o erro de velocidade ou desligar o filtro. Por *default* o QRev calcula o limiar de aceitação do erro de velocidade automaticamente baseado numa medida de dispersão dos dados. As medidas realizadas pelo ADCP possuem um ruído aleatório que deve seguir uma distribuição normal, permitindo que *outliers* sejam identificados automaticamente.

Utilizando o valor de $\pm$ cinco vezes o intervalo interquartil de todos os dados válidos como o limiar é identificado os primeiros *outliers*. Uma vez identificados, os *outliers* são marcados como inválidos e um novo intervalo é definido baseado nos dados válidos restantes e novamente são verificados e marcados como inválidos os *outliers*. Este passo é repetido até que não seja mais identificado nenhum *outlier*.

4.1.3 Filtro de velocidade vertical

Não é esperado que ao realizar uma travessia o ADCP apresente uma componente de velocidade vertical do barco em relação ao leito do rio, exceto quando causada pela ação das ondas. Supondo que o nível do rio é constante, a velocidade vertical do barco calculada ao longo de uma travessia deve ter média zero. A velocidade vertical do barco em cada amostra vertical é resultado da ação das ondas e do ruído aleatório do instrumento, sendo assim deve seguir uma distribuição normal.

Possíveis desvios de uma distribuição normal indicam que os dados estão errados ou que alguma premissa de utilização do ADCP não é válida. O QRev utiliza a mesma abordagem do erro de velocidade para identificar dados inválidos de velocidade vertical do barco.

4.1.4 Outros métodos de identificação de outliers

A velocidade do barco em uma travessia é uma série temporal de velocidades em que a variação de velocidade de uma amostra vertical para a outra é função do tempo entre as amostras verticais e da operação do barco. Uma recomendação para medir a descarga líquida utilizando um ADCP com barco em movimento é operar o barco suavemente, sem acelerações, desacelerações ou curvas repentinas (Mueller e outros, 2013).

Deste modo é interessante ajustar a série temporal de velocidades do barco a uma série suavizada que permita identificar valores discrepantes ou dados errôneos. O QRev utiliza o método de suavização local (LOESS) (Cleveland, 1979; Cleveland e Devlin, 1988) com janela móvel dinamicamente ajustada empiricamente para auxiliar na identificação de outliers na velocidade do barco. Este filtro não é aplicado automaticamente e o *default* é desligado.

4.2 Cálculo da velocidade do barco com GGA

A sentença GGA é definida pelo padrão NMEA 0183 (National Marine Electronics Association, 2002) e contém, entre outras variáveis, o tempo, posição horizontal, altitude, qualidade diferencial, medida de diluição horizontal de precisão (HDOP). A velocidade do barco é determinada a partir da posição na sentença GGA pela relação entre a diferença de posições sucessivas e o tempo decorrido entre essas posições (denominada neste documento como posições diferenciadas). Para calcular as posições a latitude e a longitude devem ser transformadas em componentes retilíneos x e y. Esta transformação pode ser feita utilizando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), porém, os equipamentos da TRDI utilizam as seguintes equações:

$$\overline{Lat} = \left(\frac{Lat_i + Lat_{i-1}}{2} \right) \frac{\pi}{180} \quad (6)$$

$$\Delta x = \left(\frac{R_c \pi}{180} \right) \left(1 + E \sin^2(\overline{Lat}) \right) (Lon_i + Lon_{i-1}) \cos(\overline{Lat}) \quad (7)$$

$$\Delta y = \left(\frac{R_c \pi}{180} \right) \left(1 - 2E + 3E \sin^2(\overline{Lat}) \right) (Lat_i + Lat_{i-1}) \quad (8)$$

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (9)$$

$$v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad (10)$$

Onde:

R_c é o raio da terra (6.378.137 metros)

E é a elipticidade (298.257223563^{-1} adimensional)

Lat_i é a latitude para a posição mais recente

Lat_{i-1} é a latitude para a posição anterior

Lon_i é a longitude para a posição mais recente

Lon_{i-1} é a longitude para a posição anterior

Δx é a variação de posição no eixo x (metros)

Δy é a variação de posição no eixo y (metros)

Δt é a variação de tempo entre a posição recente e anterior (segundos)

u é a componente da velocidade no eixo x (metros por segundo)

v é a componente da velocidade no eixo y (metros por segundo)

Os resultados utilizando UTM ou as equações 6 – 10 são semelhantes, mas não exatamente iguais ao resultado que o algoritmo do QRev utiliza para conversão em UTM. Deste modo, o QRev utiliza as equações de projeção da TRDI para manter a consistência com medições anteriores.

4.3 Filtros da sentença GGA

O uso de posições diferenciadas requer soluções de posição precisas. A precisão dos dados de posição é afetada pela correção diferencial aplicada aos dados, a configuração dos satélites e o caminho do sinal do satélite para a antena GPS (multicaminhamento).

4.3.1 Qualidade da correção diferencial

A sentença GGA contém uma variável que indica a qualidade ou tipo de correção diferencial associada à posição. Embora os fabricantes de receptores GPS tenham algumas diferenças, geralmente a qualidade é definida da seguinte forma:

- 0, nenhuma posição corrigida
- 1, autônomo
- 2, correção diferencial
- 4, cinemática em tempo real
- 5, cinemática flutuante em tempo real

O QRev oferece ao usuário a opção de aceitar todos os dados com uma qualidade



maior ou igual a um, maior ou igual a dois ou maior ou igual a quatro. O *default* é aceitar dados com qualidade maior ou igual a dois. Qualquer posição que não atenda a configuração de qualidade é marcada como inválida.

4.3.2 Filtro de altitude

Não é esperada grande variação de altitude durante a realização de travessias no rio. Portanto, a altitude medida a partir do receptor GPS do barco deve ser quase constante. A altitude medida por um receptor GPS é normalmente cerca de três vezes menos precisa do que a posição horizontal (<http://water.usgs.gov/osw/gps>). Assim, para um receptor GPS com precisão submétrica corrigida diferencialmente, a precisão vertical é de aproximadamente 3 metros. O QRev permite marcar dados de GPS inválidos com base na mudança de altitude durante uma travessia. O filtro de altitude tem como *default* o limite de ± 3 metros da média das altitudes válidas na travessia. A altitude média para todas as altitudes válidas é calculada, as altitudes que excedem o filtro são marcadas como inválidas e o processo é repetido até que todas as altitudes válidas estejam dentro do limite. O usuário pode alterar a configuração do filtro para manual e ajustar o limite para qualquer valor desejado ou desligar o filtro.

4.3.3 Diluição da precisão horizontal (HDOP)

A diluição da precisão horizontal (HDOP) caracteriza a configuração geométrica dos satélites e seu efeito na precisão da posição fixa do GPS, fornecendo uma classificação geral de precisão das posições horizontal. Quanto menor for a HDOP, melhor será a precisão da posição fixada. Apesar de ser possível verificar a diluição da precisão vertical, apenas a precisão da posição horizontal (ou seja, a HDOP) é de interesse para a referência de velocidade do barco e está disponível na sentença GGA.

O QRev utiliza a HDOP como um filtro para marcar dados GPS inválidos. O filtro marca todos os dados com um valor HDOP superior a 4 inválidos. O valor 4 é baseado na experiência de campo de usuários em que os dados de GPS foram úteis para medições de descarga quando a HDOP era tão alto quanto 4. A HDOP média para uma travessia é calculada usando os dados válidos e todos os dados com um desvio da média maior do que o limite de alteração são marcados como inválidos. O processo é repetido até que todos os dados válidos atendam aos critérios do filtro. O usuário pode alterar o filtro para manual e ajustar o HDOP e a mudança nos limites do HDOP ou desligar o filtro.

4.3.4 Outros métodos de identificação de outliers

O mesmo filtro discutido na seção 4.1.4 para trajeto com *Bottom Track* pode ser utilizado também quando a sentença GGA é utilizada para referência de trajeto.

4.4 Filtros da sentença VTG

A velocidade relatada na sentença NMEA VTG contém apenas velocidade e direção. A velocidade é calculada com base na variação de frequência Doppler medida nos sinais de satélite, apesar de alguns receptores permitirem o uso da diferença de posições sucessivas para calcular a velocidade.

Wagner e Mueller (2011) determinaram que o VTG pode ser uma alternativa válida para medir a vazão com um ADCP em ambientes de fundo móvel sem o auxílio de correções diferenciais; no entanto, as medições de descarga líquida com o VTG como referência de trajeto podem ser imprecisas, particularmente para velocidades de barco inferiores a cerca de 0,24 m/s. O uso do efeito Doppler para determinar a velocidade do barco não necessita de correções diferenciais e possui a vantagem de ser mais robusto a ocorrência de erros por multicaminhamento.

4.4.1 Diluição da precisão horizontal (HDOP)

A geometria da constelação de satélites pode afetar também a acurácia da velocidade medida utilizando a sentença VTG. Como a sentença VTG não fornece informações de qualidade, caso haja uma sentença GGA fornecendo informações de qualidade do posicionamento, a informação da HDOP será utilizada e aplicada a filtragem proposta no item 4.3.3 para sentença GGA.

4.4.2 Outros métodos de identificação de outliers

O mesmo filtro discutido na seção 4.1.4 para trajeto com *Bottom Track* pode ser utilizado também quando a sentença VTG é utilizada para referência de trajeto.

4.5 Interpolação

A interpolação linear é utilizada para estimar as velocidades do barco que foram determinadas como inválidas. O mesmo algoritmo de interpolação é usado para todas as referências de trajeto (*Bottom Track*, GGA ou VTG). A interpolação linear é aplicada a cada componente de velocidade (u e v) com o tempo da amostra vertical como variável independente. O QRev armazena a origem das velocidades utilizadas na interpolação para permitir a sua identificação.

4.6 Trajetos compostos

A opção de trajeto composto permite o uso de uma das outras referências de velocidade do barco disponíveis para substituir os dados inválidos na referência primária de velocidade do barco. O QRev implementa a progressão indicada na Tabela 2 para substituição.

Tabela 2 – Esquema de seleção de trajeto composto no RiverSurveyor e no QRev

River Surveyor Live	
BT é a referência de navegação	
Referência de qualidade	Referência utilizada
BT válido	BT
BT inválido	RTK GGA
BT inválido, RTK GGA inválido	VTG
BT inválido, RTK GGA inválido, VTG inválido	dado inválido
GGA é a referência de navegação	
Referência de qualidade	Referência utilizada
RTK GGA válido	RTK GGA
RTK GGA inválido	GGA
RTK GGA inválido, DGPS inválido	VTG
RTK GGA inválido, DGPS inválido, VTG inválido	BT
RTK GGA inválido, DGPS inválido, VTG inválido, BT inválido	dado inválido
GGA é a referência de navegação	
Referência de qualidade	Referência utilizada
VTG válido	VTG
VTG inválido	BT
VTG inválido, BT inválido	dado inválido
Qrev	
BT é a referência de navegação	
Referência de qualidade	Referência utilizada
BT válido	BT
BT inválido	VTG
BT inválido, RTK GGA inválido	GGA
BT inválido, RTK GGA inválido, VTG inválido	Interpolação com BT
GGA é a referência de navegação	
Referência de qualidade	Referência utilizada
RTK GGA válido	GGA
RTK GGA inválido	VTG
RTK GGA inválido, DGPS inválido	VTG
RTK GGA inválido, DGPS inválido, VTG inválido	BT
RTK GGA inválido, DGPS inválido, VTG inválido, BT inválido	Interpolação com GGA

VTG é a referência de navegação	
Referência de qualidade	Referência utilizada
VTG válido	VTG
VTG inválido	GGA
VTG inválido, GGA inválido	BT
VTG inválido, BT inválido	Interpolação com VTG

5 Profundidades

A profundidade da água pode ser determinada a partir da média das quatro profundidades medida pelos quatro feixes inclinados (denominados BT) ou da profundidade do feixe vertical (denominado VB). A profundidade do transdutor é medida e inserida no *software* de coleta de dados (*WinRiver II* ou *RiverSurveyor Live*) pelo usuário. O QRev permite ao usuário editar a profundidade do transdutor se um erro foi cometido na entrada original. O usuário pode optar por usar a profundidade VB, BT ou uma profundidade composta. O método de cálculo do QRev para a profundidade BT a profundidade composta é diferente do método utilizado no *WinRiver II* e *RiverSurveyor Live*.

Tanto o *WinRiver II* quanto o *RiverSurveyor Live* ajustam a inclinação para o ângulo projetado dos feixes da vertical. O *RiverSurveyor* também corrige as profundidades medidas pelos feixes inclinados e feixes verticais considerando o *pitch* e *roll*, o *WinRiver II* não (SonTek, 2015; Teledyne RD Instruments, 2007). O QRev utiliza as profundidades verticais fornecidas pelos fabricantes. A implementação da compensação de *pitch* e *roll* para as profundidades medidas está sendo considerada. Uma avaliação preliminar indicou uma mudança de cerca de 0,4% na profundidade média para um *pitch* ou *roll* médio de 5 graus.

O método usado para calcular a profundidade BT também é diferente entre os fabricantes. O *RiverSurveyor Live* trabalha com uma média numérica simples das quatro profundidades de feixe. O *WinRiver II* tem a opção de média numérica simples, mas o *default* é uma média ponderada (SonTek, 2015; Teledyne RD Instruments, 2014). O QRev utiliza a média ponderada da seguinte forma:

$$D_{Ti} = D_i - D_D \quad (11)$$

$$w_i = 1 - \frac{D_{Ti}}{\sum D_{Ti}} \quad (12)$$

$$\bar{D} = D_D + \frac{\sum D_{Ti}w_i}{\sum w_i} \quad (13)$$

Onde:

D_{Ti} é a profundidade do transdutor até o leito para o i -ésimo feixe;

D_i é a profundidade vertical para o i -ésimo feixe;

D_D é a profundidade do transdutor;

w_i é o peso para o i -ésimo feixe;

$\bar{D}$ é a profundidade média (BT) para a uma amostra vertical.

5.1 Filtros

As profundidades dos feixes individuais, inclinados ou verticais, ocasionalmente contêm picos na profundidade medida. Esses picos podem ser superficiais e causados por vida aquática ou por detritos em algum lugar da coluna d'água. Esses picos também podem ser profundos e causados pelo ADCP digitalizando o múltiplo do retorno acústico. O *RiverSurveyor Live* não fornece nenhuma filtragem das profundidades. O *WinRiver II* tem várias opções para filtrar os dados de profundidade dos feixes inclinados.

Para filtrar picos, o *WinRiver II* utiliza um algoritmo que marca um feixe inválido se for mais de 75% diferente dos outros feixes e é requerido ao menos três feixes válidos para computar a profundidade. Também é possível classificar como inválida as profundidades que não estão associadas a uma velocidade válida pelo *Bottom Track* (Teledyne RD Instruments, 2014).

O QRev utiliza uma proporção de cada feixe para os outros feixes. Se a proporção exceder 1,75, o feixe no numerador é marcado como inválido. Este método objetiva filtrar profundidades muito grandes que ocorrem porque o ADCP leu uma reflexão que passou por mais de uma reflexão. Se usado indiscriminadamente, este filtro pode causar um viés para profundidades mais rasas. Este filtro não é aplicado automaticamente e o *default* é desligado.

O QRev também aplica um método de identificação de *outlier* usando um LOESS robusto semelhante ao descrito na seção para velocidade do barco na seção 4.1.4. Assim como a velocidade do barco, a profundidade de cada feixe formam séries temporais de profundidades. A maioria das seções transversais varia gradualmente e desvios repentinos da tendência são indicativos de valores errôneos. O algoritmo ajusta uma série temporal suavizada de profundidades para cada um dos feixes que é utilizada para identificar valores discrepantes ou dados errôneos. Este filtro é aplicado automaticamente por *default* e pode ser desativado pelo usuário.

5.2 Interpolação

O QRev utiliza a interpolação linear para estimar as profundidades do feixe para quaisquer dados considerados inválidos. A interpolação linear é aplicada a cada feixe antes de calcular a profundidade média de uma amostra vertical. A variável independente na interpolação linear é o comprimento acumulado ao longo da travessia.

5.3 Profundidades compostas

As profundidades compostas permitem o uso da profundidade de uma fonte secundária quando a primária é inválida. As profundidades compostas estão disponíveis para ADCPs TRDI que possuem feixe vertical (RiverRay e RiverPro). A implementação do TRDI dá preferência primeiro ao feixe vertical, depois ao ecobatímetro externo (se disponível) e, em seguida, à média dos quatro feixes oblíquos (Teledyne RD Instruments, 2014). A implementação de profundidades compostas da SonTek não permite o uso de um ecobatímetro externo e permite ao usuário selecionar a referência pri-

mária (média dos quatro feixes inclinados ou o feixe vertical) e então o outro será a referência secundária (SonTek, 2015).

O QRev amplia as implementações da SonTek e TRDI com o objetivo de auxiliar o usuário na escolha da referência primária. São incluídas como possibilidade o uso do ecobatímetro externo e do feixe vertical interpolados (Tabela 3). Se os dados de um ecobatímetro externo estiverem disponíveis, o QRev assume que o usuário teve um bom motivo para coletar dados com ecobatímetro. Portanto, os dados do ecobatímetro (se não selecionados como primários) são considerados a primeira opção de fonte secundária. Se nenhuma das fontes de profundidade disponíveis fornecer uma profundidade válida, QRev usará um valor determinado a partir da interpolação linear da fonte primária.

Tabela 3 – Critério de escolha da fonte secundária de acordo com a fonte primária de profundidade implementado no QRev

Fonte Primária	BT	VB	EE
1ª opção de fonte secundária	EE	EE	VB
2ª opção de fonte secundária	VB	BT	BT
3ª opção de fonte secundária	BT interpolado	VB interpolado	EE interpolado

6 Velocidade da água

Os dados de velocidade de água só podem ser processados após a determinação de profundidades e velocidades do barco válidas. As profundidades válidas são utilizadas para determinar a profundidade onde o efeito *side-lobe* ocorre. A velocidade do barco é utilizada para calcular a velocidade da água em relação a um referencial inercial. Finalmente, as velocidades da água são filtradas e dados inválidos interpolados.

6.1 Side-lobe

A maioria dos transdutores utilizados atualmente emite feixes “parasitas” ao feixe principal denominados feixes laterais. A magnitude da energia de um feixe lateral refletido do leito do rio é próxima à magnitude da energia no feixe principal refletido pelos sedimentos na coluna de água mais profunda e pode causar erros no Doppler medido. A porção da coluna de água perto do leito do rio que é influenciada por feixes laterais varia de 6% (sistema com 20 graus) a 13% (sistema com 30 graus) e pode ser calculada da seguinte forma:

$$D_{SL} = D(1 - \cos\theta) \quad (14)$$

Onde:

D_{SL} é a distância a partir do fundo que é afetada pelo side-lobe;

D é a distância do transdutor até o leito;

θ é o ângulo de inclinação do transdutor em relação à vertical.

A célula de profundidade é uma subdivisão da amostra vertical que é determinada de acordo com a configuração do ADCP, da velocidade da água e da profundidade da amostra vertical. Para determinar a última célula de profundidade válida em uma amostra vertical, é necessário levar em consideração o comprimento da célula de profundidade (altura da célula), o comprimento de transmissão e o atraso entre os pulsos de transmissão. A TRDI determina a última célula de profundidade válida para modos padrão da seguinte forma (Teledyne RD Instruments, 2014):

$$D_{BCO} = [(D_{min} - D_{ADCP})\cos\theta + D_{ADCP}] - [(D_L + D_T + D_B)/2] \quad (15)$$

Onde:

D_{BCO} é a profundidade do centro da célula mais profunda acima do *side-lobe*;

D_{min} é a profundidade vertical mínima dos quatro feixes;

D_{ADCP} é a profundidade do transdutor em relação ao nível da água (draft);

D_L é o lag entre os pulsos transmitidos;

D_T é o comprimento do pulso transmitido; e

D_B é o comprimento vertical da célula.

Para os equipamentos TRDI no modo pulso coerente o termo do *lag* é desconsiderado pois o *lag* é igual a profundidade. Para os equipamentos da Sontek a profundidade do *side-lobe* é definida como um percentual da profundidade total e a equação anterior assume a seguinte forma:

$$D_{BCO} = [(D_{min} - D_{ADCP})(1 - C_{SL}) + D_{ADCP}] - [(D_T + D_B)/2] \quad (16)$$

Onde:

C_{SL} é o percentual da profundidade desprezada no *side-lobe*.

O QRev utiliza a mesma abordagem dos fabricantes ao lidar com o *side-lobe* quando os feixes são válidos. Se nenhum dos feixes tiver uma profundidade válida, é utilizada a profundidade média calculada a partir da interpolação linear como D_{min} . Se um ou mais dos feixes forem inválidos, a profundidade de *side-lobe* é calculada com base na profundidade média utilizando as profundidades de feixe interpoladas e válidas e é comparado à profundidade de *side-lobe* corte utilizando o menor dos feixes válidos. Se a profundidade de *side-lobe* for mais rasa usando a profundidade média, a profundidade de *side-lobe* é ajustada. Apenas as células cujo centro está acima da profundidade D_{BCO} são utilizadas para calcular a descarga líquida.

6.2 Filtros

O QRev inclui os mesmos filtros de trajeto de água do *WinRiver II*: soluções de três feixes, erro de velocidade e velocidade vertical. Um filtro de relação sinal-ruído (SNR) complementa os demais. O padrão do QRev é uma aplicação automatizada desses filtros. As soluções de três feixes, erro de velocidade e velocidade vertical são aplicados à velocidade da água em cada uma das células individualmente. O filtro SNR é aplicado apenas a dados SonTek e é aplicado à amostra vertical.

6.2.1 Soluções de três feixes

O método de filtro para solução de três feixes para velocidade da água segue o mesmo princípio apresentado no item 4.1.1 para velocidade do barco.³

6.2.2 Filtro do erro de velocidade⁴

O QRev aplica o método apresentado no item 4.1.2 para velocidade do barco também no filtro do erro de velocidade da água. Para o caso do erro de velocidade da água é importante destacar que a distribuição do erro de velocidade pode mudar substancialmente de acordo com o modo que o ADCP está utilizando. Esta mudança é comum para ADCPs autoadaptativos e não é reconhecida pelo filtro automático do QRev, deste modo, o limite automatizado pode ser incorreto. Em tais situações, desligar o filtro ou definir um limite manual pode ser a melhor opção.

O QRev permite ao usuário definir manualmente um limiar para o erro de velocidade ou desligar o filtro. Por *default* o QRev calcula o limiar de aceitação do erro de velocidade automaticamente baseado numa medida de dispersão dos dados. As medidas realizadas pelo ADCP possuem um ruído aleatório que deve seguir uma distribuição normal, permitindo que *outliers* sejam identificados automaticamente.

Utilizando o valor de $\pm$ cinco vezes o intervalo interquartil de todos os dados válidos como o limiar é identificado os primeiros *outliers*. Uma vez identificados, os *outliers* são marcados como inválidos e um novo intervalo é definido baseado nos dados válidos restantes e novamente são verificados e marcados como inválidos os *outliers*. Este passo é repetido até que não seja mais identificado nenhum *outlier*.

6.2.3 Filtro de velocidade vertical

O QRev aplica o método apresentado no item 4.1.3 para velocidade do barco também no filtro de velocidade vertical da água. Destaca-se que diferente da velocidade barco, em algumas circunstâncias (por exemplo, na proximidade de estruturas hidráulicas que organizam o escoamento da água, turbulência, ondas, passagens de embarcações) não é possível assumir que a velocidade vertical da água é zero. Desta forma, filtrar as velocidades verticais da água é mais difícil do que filtrar a velocidade vertical do barco ou erro de velocidade da água e, apesar da complexidade, a experiência do USGS indica que a aplicação da mesma abordagem de filtragem (baseada no intervalo interquartil, conforme explicado no item 4.1.1) é eficaz em boa parte dos casos.

6.2.4 Filtro de perturbações no escoamento

A imersão do ADCP na água perturba o escoamento ao redor do ADCP (Mueller et al, 2007). Em geral a distância padrão de triagem da maioria dos ADCPs é adequada para remover os dados na região perturbada do cálculo da descarga líquida (Mueller, 2015).

O *SonTek RiverSurveyor M9* é uma exceção. O procedimento do USGS determina que os dados na faixa de 16 cm abaixo do transdutor sejam considerados inválidos (Office of Surface Water, 2013). O QRev aplica automaticamente este limiar para dados coletados com M9, definindo a distância excluída para 16 cm. Caso seja definida uma distância para triagem maior, esta será utilizada pelo QRev, se a distância de triagem

³ No manual o texto repete o procedimento do item 4.1.1, por concisão, não foi repetido nesta seção

⁴ O método foi omitido por concisão e o texto reorganizado para enfatizar que a distribuição do erro pode mudar de acordo com o modo utilizado no ADCP

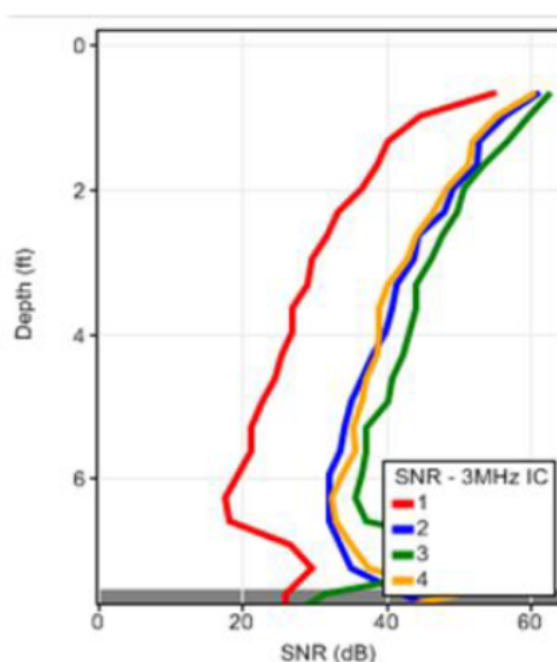
for inferior a 16 cm, o QRev definirá a distância de exclusão para 16 cm. A distância excluída é medida a partir da face do transdutor e pode ser editada pelo usuário.

O TRDI RioPro também é exceção. O RioPro utiliza os mesmos algoritmos de processamento do RiverRay, mas possui o mesmo *design* e transdutores do Rio Grande. Os resultados dos testes e do modelo mostraram que a distância de triagem de 25 cm era adequada para o Rio Grande. Porém, os algoritmos de processamento do RioPro não suportam esta distância de triagem, então o QRev define automaticamente a distância para 25 cm para o RioPro.

6.2.5 Filtro da relação sinal-ruído

A entrada de ar sob os ADCPs *SonTek RiverSurveyor* pode fazer com que os ângulos efetivos do feixe se desviem dos ângulos reais. A experiência indicou que esse desvio geralmente resulta em subestimativas das velocidades medidas. A entrada de ar pode ser identificada por uma separação dos feixes em um gráfico com a variação da relação sinal-ruído (SNR) com a profundidade (Figura 2). A análise empírica de várias medições feitas com um *SonTek RiverSurveyor* M9 resultou em um filtro simples para identificar conjuntos com potencial entrada de ar.

Figura 2 – SNR de amostra vertical em que o feixe do transdutor 1 aparece deslocado em relação aos demais feixes



O filtro calcula o SNR médio para cada feixe em cada amostra vertical usando os dados de SNR de células de profundidade abaixo da distância excluída e acima do *side-lobe*. O intervalo SNR é calculado como a diferença em SNR para os feixes com o SNR médio mínimo e máximo em cada conjunto. Qualquer amostra vertical com uma diferença superior a 12 decibéis é considerada afetada pela entrada de ar e as velocidades da vertical são marcadas como inválidas. Este filtro é aplicado apenas a dados coletados com SonTek ADCPs.

6.3 Interpolação

O QRev interpola dados de velocidade da água que foram determinados como in-

válidos usando uma abordagem diferente daquela usada pelos fabricantes. Não há algoritmos de interpolação no *RiverSurveyor Live* para dados de água, porque não há filtros para dados de água. O TRDI no *WinRiverII* não interpola as velocidades da água, mas considera os dados inválidos interpolando ou extrapolando o produto vetorial das velocidades da água e do barco usadas no cálculo de descarga (consulte a seção “Calculando Descarga de Dados Inválidos”).

O QRev usa uma abordagem diferente para estimar as velocidades da água. Versões anteriores baseadas em Matlab do QRev usavam um método de interpolação linear bidimensional chamado *scatteredInterpolant*, que está disponível na versão Matlab 2015b, em combinação com a abordagem da TRDI para dados inválidos na parte superior e inferior do perfil. O QRev versão 4 aplica uma metodologia própria de interpolação aqui denominada ABBA (acrônimo em inglês para acima, abaixo, antes, depois). A velocidade para todas as células de profundidade com velocidades inválidas abaixo da distância excluída e acima da região do *side-lobe* são estimadas com o método ABBA.

O método de interpolação ABBA é projetado para utilizar o fato de que as células de profundidade representam uma grade de retângulos na seção transversal. O objetivo é identificar células de profundidade vizinhas com dados válidos e usar estas células para estimar os componentes de velocidade para a célula inválida.

As etapas gerais são:

1. Acima: Encontre a primeira célula válida acima da célula inválida dentro da mesma amostra vertical. Se não houver dados válidos acima da célula inválida, nenhum vizinho acima será usado na interpolação;
2. Abaixo: Encontre a primeira célula válida abaixo da célula inválida dentro da mesma amostra vertical. Se não houver dados válidos abaixo da célula inválida, nenhum vizinho abaixo será usado na interpolação;
3. Calcule o comprimento de cada célula de profundidade. O topo de cada célula é a profundidade da célula até o centro menos a metade do tamanho da célula de profundidade. A base de cada célula é a profundidade da célula até o centro mais a metade do tamanho da célula;
4. Para identificar os vizinhos antes e depois, as profundidades e extensões das células são normalizadas pela profundidade da amostra vertical. O uso de dados normalizados mantém a consistência da forma do perfil entre amostras verticais de profundidades diferentes;
5. Antes: Pesquise as amostras verticais antes da amostra vertical que possui a célula inválida até que uma amostra vertical anterior tenha uma ou mais células que se sobreponham às extensões da célula inválida, respeitando a batimetria. Se o início da travessia é alcançado sem encontrar dados válidos sobrepostos, então nenhum vizinho anterior é usado na interpolação;
6. Depois: Pesquise as amostras verticais após a amostra vertical quem contém a célula inválida até que uma amostra vertical tenha uma ou mais células de profundidade que se sobreponham às extensões da célula inválida, respeitando a

batimetria. Se o final da travessia for alcançado sem encontrar dados válidos sobrepostos, nenhum vizinho posterior será usado na interpolação;

7. Calcule a distância do centro da célula inválida ao centro de cada uma das células vizinhas válidas identificadas usando a localização real das células, mesmo se os vizinhos foram identificados usando dados normalizados; e

8. Estime os componentes de velocidade u e v para a célula inválida usando uma média ponderada pelo inverso da distância entre as células vizinhas válidas e a célula inválida.

Para respeitar a batimetria, ao pesquisar as células vizinhas é feita uma comparação da posição da base da célula inválida com a profundidade da amostra vertical vizinha. Se a parte inferior da célula inválida for mais profunda do que a amostra vertical antes ou depois da amostra a qual a célula inválida pertence, é determinado que não há vizinho nessa direção. Esta verificação evita que células vizinhas válidas sejam identificadas no lado oposto de uma área rasa e, portanto, não podem ser consideradas vizinhas.

7 Métodos de Extrapolação

As estimativas de vazão para as partes superior e inferior não medidas da travessia dependem dos métodos de extrapolação selecionados. Os métodos de extrapolação disponíveis no *WinRiver II*, *RiverSurveyor Live* e *QRev* são semelhantes.

1. Ajuste de potência superior e inferior – A lei de potência (Chen, 1989) é aplicada aos dados e usada para extrapolar topo e fundo;
 2. Constante superior – assume que a velocidade ou descarga é constante da célula de profundidade superior até a superfície da água;
 3. Três pontos superiores – Usa uma extrapolação de mínimos quadrados lineares através das três primeiras células superiores até a superfície da água; e
 4. Velocidade zero no fundo (*no slip*): utiliza a premissa de que a velocidade da água (e, portanto, a descarga) deve ser zero na interface da água com o fundo do rio. É feito então o ajuste de uma curva de potência para os 20% de células mais profundas considerando a condição de contorno zero no fundo. Se não houver células válidas nos 20% inferiores da coluna de água é utilizada a última célula de profundidade válida.
- O usuário é responsável por avaliar o perfil e selecionar o método apropriado para as extrapolações. Atualmente o *software* dos fabricantes assume que os métodos de extrapolação selecionados manualmente são válidos para a travessia toda. Em outras palavras, os métodos de extrapolação não podem ser alterados para diferentes partes da seção transversal.
 - Usando a abordagem documentada em Mueller (2013), o *QRev* seleciona um método e o ajuste de extrapolação apropriado para a medição. No entanto, o usuário deve revisar o método selecionado para garantir um ajuste válido do perfil e corrigir manualmente conforme a necessidade.

- A abordagem automática usa regressão de mínimos quadrados linear e uma combinação de critérios desenvolvidos a partir da experiência observacional para selecionar o método de extrapolação apropriado. O método automatizado tentará selecionar o melhor entre os seguintes métodos de extrapolação:
 1. ajuste de potência através do perfil com um expoente de 0,1667 (padrão);
 2. ajuste de potência através do perfil com um expoente de ajuste de mínimos quadrados linear;
 3. ajuste constante na parte superior e ajuste de velocidade zero no fundo com expoente de 0,1667; e
 4. ajuste constante na parte superior e ajuste de velocidade zero no fundo com expoente de ajuste de mínimos quadrados linear.

A premissa do algoritmo de ajuste automático é que os dados seguem a lei de potência com um expoente de 0,1667, a menos que os dados medidos sejam suficientes para provar o contrário. A seguir está uma lista de etapas que são usadas para selecionar automaticamente o método de extrapolação apropriado.

1. O perfil é subdividido em incrementos de 5% de profundidade normalizada. São calculadas a distância normalizada média do leito do rio e a faixa mediana e interquartil do produto vetorial da unidade normalizada para cada incremento. A mediana dos produtos vetoriais unitários foi selecionada para representar o perfil médio, em vez da média, uma vez que a mediana é mais robusta à influência de *outliers*. Os valores medianos do produto vetorial da unidade e sua distância normalizada em relação ao leito do rio são apresentados graficamente e utilizados para determinar os métodos de extrapolação apropriados (apesar do expoente para o ajuste de potência possa ser calculado a partir de um ajuste de mínimos quadrados de todos os dados, seria difícil avaliar visualmente a adequação do ajuste e que poderia ainda ser influenciado por *outliers* nos dados. Este método foi pensado para fornecer uma referência visual e melhorar a robustez do método para *outliers*).
2. O método automático determina qual dos incrementos de perfil de 5% deve ser usado na análise. Frequentemente os incrementos de perfil próximos ao topo e fundo têm menos pontos de dados contidos neles. Os dados perto da superfície e particularmente perto do leito do rio costumam ser mais ruidosos. Portanto, com menos pontos de dados nas medianas, esses incrementos podem não ser uma boa representação da forma do perfil nesses locais. A combinação desses fatores pode afetar adversamente a avaliação do método porque todas as medianas recebem peso igual na regressão linear de mínimos quadrados. Além disso, qualquer mediana de um incremento de perfil que não contenha mais de 20% (valor *default*, mas selecionável pelo usuário) do número médio de pontos para todos os incrementos de perfil é marcada como *inválida e não é usada na análise automática*.
3. Se o número de medianas válidas for seis ou menos, os dados são considerados insuficientes para rejeitar a suposição que o perfil segue um ajuste de potência com um expoente de 0,1667. Este critério foi determinado por meio da análise

de amostras verticais de dados realizados no USGS.

4. Havendo sete ou mais medianas válidas, a regressão linear de mínimos quadrados é usada para determinar um expoente otimizado para a equação da extrapolação potencial. O expoente de 0,1667 é assumido até que os dados provem que um expoente diferente é apropriado. É calculado o intervalo de confiança de 95% do expoente otimizado. O expoente otimizado é considerado apropriado para o ajuste de potência do perfil se o coeficiente de determinação da regressão for igual ou maior que 0,8 e o expoente padrão de 0,1667 não estiver dentro do intervalo de confiança de 95% do expoente otimizado.

5. A regressão linear de mínimos quadrados é usada para calcular o expoente para o ajuste de velocidade zero no fundo. O terço inferior das medianas é usado na regressão em vez de apenas 20%, como é usado para a aplicação nos cálculos de descarga no *software* do fabricante. Os dados adicionais fornecidos usando o terço inferior do perfil suavizam a extrapolação com um expoente otimizado.

6. Calcule a diferença na superfície da água entre um ajuste linear das 4 células medidas principais e o melhor ajuste de potência selecionado para todo o perfil.

7. Calcule a diferença em velocidade em 0,1 de profundidade entre ajuste de potência e o ajuste de velocidade zero no fundo.

8. Uma condição de velocidade zero no fundo é selecionada se qualquer uma das seguintes condições for verdadeira:

- a. A parte superior do ajuste de potência (topo) não se ajusta bem aos dados se:
 - i. a diferença na superfície da água entre o ajuste linear e o ajuste de potência é maior que 10%; e
 - ii. a diferença é positiva ou a diferença da célula medida no topo difere do melhor ajuste de potência selecionado em mais de 5%.
- b. A parte inferior do ajuste de potência (fundo) não se adequa bem aos dados se:
 - i. a diferença entre um ajuste de velocidade zero no fundo e o melhor ajuste de potência selecionado de todo o perfil é maior que 10%; e
 - ii. o ajuste de velocidade zero no fundo otimizado tem um coeficiente de determinação maior que 0,6.
- c. O escoamento é bidirecional se:
 - i. O sinal no topo do perfil é oposto ao sinal do fundo.
- d. O perfil é do tipo “C” se:
 - i. o ajuste de velocidade zero no fundo otimizado tem um coeficiente de determinação maior que 0,6.

e. a diferença superior e inferior do melhor ajuste de potência selecionado é maior que 10%.

9. Se o coeficiente da regressão linear na etapa 5 for maior que 0,8, o expoente do ajuste de velocidade zero no fundo calculado a partir da regressão é selecionado; se r^2 não for maior que 0,8, o expoente do ajuste de velocidade zero no fundo é padronizado para 0,1667.

Os algoritmos de ajuste automático do QRev não testam indiscriminadamente todas as combinações de extrapolação de topo e fundo disponíveis pois algumas combinações (por exemplo, topo constante e base potência) cria uma descontinuidade na parte superior do perfil.

Se o topo não utilizar o ajuste de potência, necessariamente será utilizado o ajuste constante no topo e ajuste de velocidade zero no fundo. Os algoritmos de ajuste automático não selecionarão um ajuste de três pontos para o topo. O usuário pode selecionar manualmente o ajuste de três pontos caso identifique este é o melhor ajuste.

8 Cálculo da descarga líquida

A descarga líquida (Q) calculada pelo ADCP é a soma da descarga líquida medida da seção transversal e estimadas nas áreas extrapoladas, de acordo com a seguinte equação:

$$Q = Q_{margemdireita} + Q_{topo} + Q_{medida} + Q_{fundo} + Q_{margemesquerda} \quad (17)$$

Onde:

Q é a descarga líquida total;

$Q_{margemdireita/esquerda}$ é a descarga líquida estimada na área não medida na margem;

Q_{topo} é a descarga líquida estimada na área não medida no topo;

Q_{medida} é a descarga líquida medida diretamente pelo ADCP;

Q_{fundo} é a descarga líquida estimada na área não medida no fundo;

8.1 Cálculo da descarga líquida medida

A descarga líquida medida é calculada a partir do produto vetorial das velocidades da água e do barco. A descarga líquida em uma célula pode ser escrita em termos dos componentes do vetor de velocidade da água e do barco da seguinte forma:

$$Q_{cel} = \vec{V}_{\text{água}} \times \vec{V}_{\text{barco}} dt dz = (V_{\text{água}x} V_{\text{barco}y} - V_{\text{água}y} V_{\text{barco}x}) dt dz \quad (18)$$

Onde:

Q_{cel} é a descarga líquida na célula;

dt é a duração da amostra vertical; e

dz é o tamanho da célula.

A descarga líquida medida pelo ADCP, após atravessar a seção de medição, será dada pela soma das vazões de cada uma das i células, que foram coletadas ao longo de j amostras verticais.

$$Q_{medido} = \sum_{j=1}^{amostras\ verticais} \sum_{i=1}^{células} Q_{cel}^{i,j} \quad (19)$$

Como o QRev interpola as profundidades e velocidades do barco e da água, todas as informações necessárias para aplicar a equação anterior estão disponíveis.

8.2 Cálculo da descarga líquida no topo

A descarga líquida no topo é calculada utilizando um dos métodos apresentados no item 7. O método de extrapolação para calcular a descarga superior pode ser aplicado aos componentes de velocidade individuais (abordagem usada pela SonTek) ou na resultante do produto vetorial da equação 19 (abordagem usada pela TRDI). As abordagens são equivalentes e o QRev trabalha com a abordagem da resultante do produto vetorial, que será aqui apresentada.

8.2.1 Constante

O método mais simples para estimar a descarga líquida no topo é assumir que a velocidade (produto vetorial) na célula válida mais elevada (célula superior) é uma boa estimativa da velocidade média entre essa célula e a superfície da água. Este método é referido como o método de extrapolação constante e é calculado da seguinte forma:

$$Q_{topo} = \sum_{j=1}^{amostras\ verticais} \chi (z_{NA} - z_{topo}) dt \quad (20)$$

Onde:

χ é o produto vetorial de velocidade da célula superior válida;

z_{NA} é a distância do leito até o nível da água na superfície;

z_{topo} é a distância do leito até o topo da célula superior válida;

Este método de extrapolação constante é útil quando um vento vindo de jusante para montante ou o perfil de velocidade é irregular.

8.2.2 Potência

O ajuste de potência é fundamentado na lei de potências (Chen, 1989). A lei de potências é representada em termos do produto vetorial da seguinte forma:

$$\chi = az^b \quad (21)$$

Onde:

a é o coeficiente ajustado por mínimos quadrados com dados medidos;

z é a distância entre o leito e a posição do valor de ;

b é o expoente de extrapolação, em geral, $1/6$ (0,16667).

O valor de b pode ser ajustado aos dados medidos conforme discutido na seção 7. A equação da lei de potência é então integrada ao longo do intervalo desde a superfície da água até o topo da célula de profundidade superior com velocidades de água válidas da seguinte forma:

$$Q_{topo} = \sum_{j=1}^{\text{amostras verticais}} \frac{a}{b+1} (z_{NA}^{b+1} - z_{topo}^{b+1}) dt \quad (22)$$

8.2.3 Três pontos

O aplica o método da TRDI para realizar o ajuste de três pontos na extrapolação superior. Este método usa as três células superiores para estimar uma inclinação, e essa inclinação é então aplicada da célula superior à superfície da água. Um valor constante ou inclinação de zero é assumido se menos de seis *bins* estiverem presentes no perfil (Teledyne RD Instruments, 2014).

$$Q_{topo} = \left(\frac{A d_T^2}{2} + B d_T \right) dt \quad (23)$$

Onde:

$$A = \frac{3 \sum_{i=1}^3 \chi_i d_i - \sum_{i=1}^3 \chi_i \sum_{i=1}^3 d_i}{3 \sum_{i=1}^3 d_i^2 - \left(\sum_{i=1}^3 d_i \right)^2} \quad (24)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^3 \chi_i d_i^2 - \sum_{i=1}^3 \chi_i d_i \sum_{i=1}^3 d_i}{3 \sum_{i=1}^3 d_i^2 - \left(\sum_{i=1}^3 d_i \right)^2} \quad (25)$$

d_T é a distância da superfície da água até o topo da célula superior válida; e

d_i é a i -ésima célula superior válida.

8.3 Cálculo da descarga líquida no fundo

Os ADCPs não podem medir a velocidade da água perto do leito do rio por conta do efeito *side-lobe*. Diferente da estimativa de descarga no topo, onde a velocidade na superfície da água não é conhecida, a velocidade da água no leito do rio é conhecida. A teoria da mecânica dos fluidos indica que a velocidade da água deve ir a zero no leito do rio e que um perfil de velocidade logarítmica é uma aproximação razoável do perfil de velocidade na camada limite (Schlichting, 1979). Portanto, a lei de potência é sempre usada para calcular a descarga na parte inferior não medida da coluna de água da seguinte forma

$$Q_{fundo} = \sum_{j=1}^{amostras\ verticais} \frac{a}{b+1} z_{bb}^{b+1} dt \quad (26)$$

Onde:

Z_{bb} é a distância do leito ao fundo da célula de fundo válida.

Para aplicar este método a situações em que o perfil não segue uma distribuição logarítmica, a condição de contorno de velocidade zero no fundo é usada. O método com contorno de velocidade zero no fundo aplica a equação 27, restringindo a determinação de mínimos quadrados de a às células de profundidade nos 20% da parte inferior do perfil, ou na ausência de células de profundidade válidas nos 20% da parte inferior, a última célula de profundidade válida é usada para ajustar o valor de a .

8.4 Cálculo da descarga líquida nas margens

A descarga não medida nas margens é estimada usando o método de interpolação de razão documentado por Fulford e Sauer (1986), que permite estimar uma velocidade em um local não medido entre a margem do rio e a primeira/última velocidade medida na seção de medição. A estimativa é feita de acordo com a seguinte equação:

$$\frac{V_{x'}}{\sqrt{d_{x'}}} = \frac{V_m}{\sqrt{d_m}} \quad (27)$$

Onde:

x' é o ponto médio entre a margem e a última/primeira amostra vertical;

$V_{x'}$ é a velocidade média estimada em x' ;

$d_{x'}$ é a profundidade em x' ;

V_m é a velocidade média na última/primeira amostra vertical; e

d_m é a profundidade na última/primeira amostra vertical.

A definição apresentada é ligeiramente diferente da proposta de Fulford e Sauer (1986), onde V_m e d_m seriam tomadas no centro da última/primeira subseção medida. Porém as amostras verticais do ADCP possuem largura suficientemente pequena para que a diferença na formulação não seja significativa. Considerando que a margem tem um formato triangular, a descarga pode ser estimada da seguinte forma:

$$Q_{margem} = A_{margem} V_{x'} = x' d_m V_m \frac{\sqrt{0,5d_m}}{\sqrt{d_m}} \quad (28)$$

Uma equação mais genérica pode ser escrita da seguinte forma:

$$Q_{margem} = C_e V_m L d_m \quad (29)$$

Onde:

C_e é a um coeficiente de forma (fator de forma) da margem;

L é a distância da última /primeira amostra vertical até a margem ($L = 2x'$)

O fator de forma da margem depende da distribuição da forma (variação do formato da margem ao longo de L), rugosidade e da velocidade na margem. Para margens triangulares, o coeficiente é definido como 0,3535. Oberg e Schmidt (1994) usaram 0,91 para margens retangulares e 0,91 que também é utilizado no *WinRiver II* (Teledyne RD Instruments, 2014). Os medidores da SonTek (2003) utilizam os dados de Rantz e outros (1982) para desenvolver uma equação para o fator de forma retangular com base na razão entre L e d_m .

$$C_e = \frac{1 - \frac{0,35}{4} \frac{d_m}{L} \left(1 - e^{-4 \frac{L}{d_m}}\right)}{1 - 0,35 e^{-4 \frac{L}{d_m}}} \quad (30)$$

O desenvolvimento da equação anterior pela SonTek resultou em uma alternativa para fator de forma de margem retangular e também forneceu informações sobre a sensibilidade associada ao cálculo do fator de forma de margem retangular. Os coeficientes de margem retangulares propostos referem-se a um conjunto de dados de laboratório (Tabela 4) cujas referências principais (Rantz et al., 1982 e Hagan, 1989) não apresentam detalhamento suficiente para avaliar sua validade. Deste modo a SonTek ajustou esses dados com a seguinte equação:

$$\frac{V_x}{V_D} = 1 - 0,35 e^{-4 \frac{x}{D}} \quad (31)$$

Onde:

V_x é a velocidade medida a uma distância x da parede vertical;

V_D é a velocidade medida em um ponto onde a profundidade é igual à distância da parede vertical;

x é a distância da parede vertical; e

D é o ponto onde a profundidade é igual à distância da parede vertical.

O ajuste da Sontek tenta manter um valor de $\frac{V_x}{V_D}$ próximo de 1 para valores de $\frac{x}{D}$ maiores ou iguais a 1. Isto porque não há dados suficiente para $\frac{x}{D}$ maior que 1 e o comportamento neste caso não é conhecido. Integrando e manipulando a equação anterior para calcular os resultados de descarga líquida na margem, obtém-se um fator de forma para margem retangular definido pela seguinte equação:

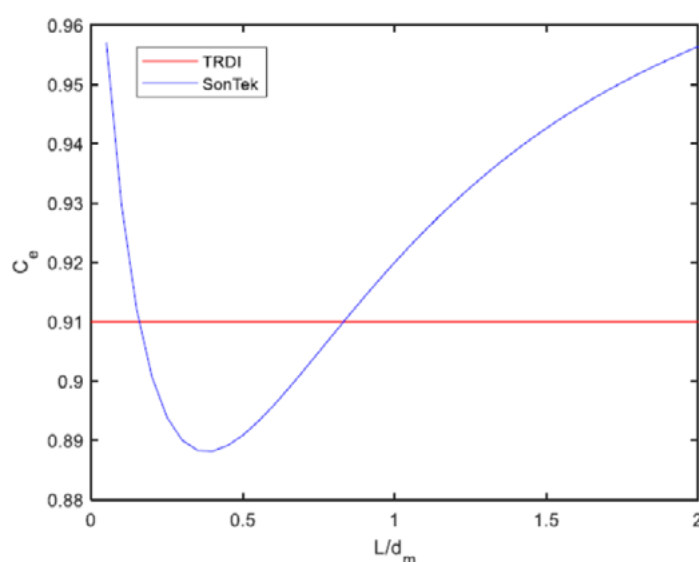
$$C_e = \frac{\frac{d_m}{L} \left(9,606 e^{0,0947 \frac{L}{d_m}} + 0,0308 e^{-8,439 \frac{L}{d_m}} - 9,637 \right)}{0,910 e^{0,0947 \frac{L}{d_m}} - 0,260 e^{-8,439 \frac{L}{d_m}}} \quad (32)$$

Tabela 4 – Estimativas de velocidades próximas da parede vertical obtidas em laboratório (Ranz et. al., 1982)

Razão entre a distância da parede vertical e a profundidade	Velocidade média em função de V_D
0,00	$0,65 V_D$
0,25	$0,90 V_D$
0,50	$0,95 V_D$
1,00	$1,00 V_D$

A figura 3 mostra a variação do fator de forma para margem retangular para razões de $\frac{L}{d_m}$ variando de zero a dois. O QRev utiliza por default o valor de 0,91 visto que as pesquisas para melhorar a acurácia da estimativa nestas condições ainda estão em desenvolvimento.

Figura 3 – Comparação entre o fator de forma para margem retangular utilizados pela Sontek e pela TRDI



O valor de L deve ser medido e inserido pelo usuário. Para obter uma boa medição de V_{m1} é recomendado ao menos 10 amostras verticais válidas coletadas em uma posição estacionária no início e no final de cada travessia. Para equipamentos TRDI o QRev segue os procedimentos do *WinRiver II* e considera as 10 primeiras/últimas amostras verticais válidas para extrapolação de margem. Para dados coletados com *RiverSurveyor Live*, o QRev mantém a designação *RiverSurveyor Live* de amostras verticais de margem e, caso não haja nenhuma amostra vertical de margem válida, a descarga líquida na margem é considerada zero. O usuário recebe um aviso em tais casos e pode ajustar manualmente o número de amostras verticais nas margens.

9 Métricas de controle de qualidade

O profissional de campo deve estar atento e preocupado com a qualidade dos dados que estão sendo coletados. O QRev auxilia o usuário verificando automaticamente

muitos indicadores de qualidade e fornecendo *feedback* codificado por cores, códigos de símbolos e textuais sobre os resultados das verificações de qualidade automatizadas. Algumas das verificações impõem a política do USGS para uso de ADCPs em medições com barco em movimento e outras verificações ajudam a identificar possíveis problemas com os dados coletados.

9.1 Travessias

A política do USGS é que uma medição seja composta por pelo menos um par de travessias recíprocas e que a duração combinada de todas as travessias seja de pelo menos 720 segundos (12 minutos) (Mueller et al, 2013). Uma única travessia pode ser considerada uma medição em situações particulares de variação de vazão rápida ou para algumas medições de descarga líquida influenciadas pela maré. O QRev verifica a consistência com a política do USGS e fornece orientação onde a combinação de travessias pode não ser a ideal. Normalmente, todas as travessias em uma medição devem ter o mesmo sinal (positivo ou negativo). Geralmente, uma mudança no sinal é devido a um erro do usuário ao atribuir a margem inicial correta. A incerteza das medições com apenas duas travessias pode frequentemente ser reduzida com a coleta de mais travessias. O QRev verifica essas situações e fornece um *feedback* ao usuário conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Critérios de qualidade de travessias

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Measurement duration < 720s	Caution	<i>Transects: Duration of selected transects is less than 720 seconds.</i>
Duração da medição < 720s	Atenção	Travessias: Duração das travessias selecionadas é menor que 720s
<i>Missing ensembles > 0</i>	Caution	<i>Transects: <transect name> is missing <xx> ensembles.</i>
Amostras verticais perdidas > 0	Atenção	Travessias: <nome travessia> perdeu <XX> amostras verticais
<i>Number of transects checked = 0</i>	Warning	<i>TRANSECTS: No transects selected</i>
Número de travessias selecionadas = 0	Alerta	TRAVESSIAS: nenhuma selecionada
<i>Number of transects checked = 1</i>	Caution	<i>Transects: Only one transect selected</i>
Número de travessias selecionadas = 1	Atenção	Travessias: somente uma selecionada
<i>Number of transects checked = 2 and COV > 2</i>	Caution	<i>Transects: Uncertainty would be reduced by additional transects</i>
Número de travessias selecionadas = 2 e COV > 2	Atenção	Travessias: incerteza pode ser reduzida adicionando travessias
<i>Sign of transect discharges is inconsistent</i>	Warning	<i>TRANSECTS: Sign of total Q is not consistent. One or more start banks may be incorrect</i>
Sinal da descarga líquida da travessia é inconsistente	Alerta	TRAVESSIAS: Sinal da vazão final é inconsistente. Margem inicial pode estar errada
<i>Number of start bank left is not equal to number of start bank right</i>	Warning	<i>TRANSECTS: Transects selected are not reciprocal transects</i>
Número de travessias iniciando na margem direita é diferente da margem esquerda	Alerta	TRAVESSIAS: Travessias selecionadas não são recíprocas
<i>Transect(s) has zero discharge</i>	Warning	<i>TRANSECTS: One or more transects have zero Q</i>
Travessia(s) tem descarga líquida zero	Alerta	TRAVESSIAS: Uma ou mais travessias tem descarga líquida zero

9.2 Teste de sistema

A política do USGS é que um teste de sistema seja concluído antes de fazer uma medição de vazão com um ADCP (Mueller et al., 2013). Os resultados dos testes de sistema para ADCPs da TRDI são armazenados no arquivo *.mmt e para ADCPs da SonTek são armazenados na pasta SystemTest. Se os resultados do teste estiverem nesses locais, o QRev carregará os resultados automaticamente. Caso contrário, o usuário pode carregar o arquivo manualmente. Os resultados de vários testes de sistema podem ser carregados. Os resultados serão identificados por data e hora ou, se carregados manualmente, os resultados serão identificados por nome de arquivo. Um teste de sistema consiste em uma série de testes diferentes para vários aspectos do ADCP. Cada um dos diversos testes que compõe um teste de sistema é chamado de teste discreto. O QRev verifica automaticamente os resultados, relata o número de testes com falha e fornece *feedback* ao usuário colorindo o botão de teste do sistema e fornecendo mensagens conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Critérios de qualidade do teste de sistema

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
No recorded system test	Warning	SYSTEM TEST: No system test
Nenhum teste de sistema	Alerta	TESTE DE SISTEMA: nenhum teste de sistema
TRDI Only: pt3 test failed	Caution	System Test: One or more PT3 tests in the system test indicate potential EMI
Somente para TRDI: teste p3 falhou	Atenção	Teste de sistema: um ou mais testes pt3 indicam potencial EMI
ALL system tests have failures	Warning	SYSTEM TEST: All system test sets have at least one test that failed
Todos os testes falharam	Alerta	SYSTEM TEST: Todos os testes indicados falharam em ao menos um teste discreto
Multiple system tests were recorded and at least one passed all tests but others failed	Caution	System Test: One or more system test sets have at least one test that failed
Múltiplos testes foram carregados, ao menos um passou totalmente e os demais falharam	Atenção	Teste de sistema: um ou mais testes de sistema tem falha em pelo menos um teste discreto

9.3 Bússola e pitch/roll

A maioria dos ADCPs contém uma bússola interna e procedimentos para calibrar a bússola. Além disso, alguns ADCPs avaliam o resultado da calibração da bússola. A calibração da bússola é necessária quando um teste de fundo móvel em *loop* for usado ou se a velocidade do barco for referenciada a GGA ou VTG. Se a referência de trajeto for o *Bottom Track* e feito um teste de fundo móvel estacionário, a bússola não terá efeito na medição de descarga líquida resultante. Ainda assim uma calibração da bússola é incentivada para que a direção dos dados de velocidade seja correta para viabilizar o uso dos dados em outras aplicações que não seja a determinação da descarga líquida. Além disso, o *pitch/roll* do ADCP podem afetar a precisão do rumo da bússola e consequentemente a profundidade e velocidade medidas. As verificações de qualidade para os sensores de bússola, inclinação e rotação são mostradas na Tabela 7.

Tabela 7 – Critérios de controle de qualidade da bússola e *pitch/roll*

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
SonTek: No compass calibration and either GPS data or a loop test	Warning	COMPASS: No compass calibration
SonTek: Sem calibração de bússola e dados GPS ou um teste de loop	Alerta	BÚSSOLA: Sem calibração de bússola
<i>SonTek: Compass calibration error > 0.2 and either GPS data or a Loop test</i>	Caution	Compass: Calibration result > 0.2 deg
SonTek: Erro de calibração da bússola > 0,2 e dados de GPS ou um teste de loop	Atenção	Bússola: Resultado da calibração > 0,2 graus
TRDI: No compass calibration or evaluation and either GPS data or a loop test.	Warning	COMPASS: No compass calibration or evaluation
TRDI: Sem calibração ou avaliação de bússola e dados de GPS ou um teste de loop.	Alerta	BÚSSOLA: Sem calibração ou avaliação da bússola
<i>TRDI: Compass evaluation but no calibration and either GPS data or a Loop test.</i>	Caution	Compass: No compass calibration
TRDI: Avaliação da bússola, mas sem calibração e dados de GPS ou um teste de loop.	Atenção	BÚSSOLA: Sem calibração ou avaliação da bússola
<i>TRDI: Compass calibration but no evaluation and either GPS data or a Loop test.</i>	Caution	Compass: No compass evaluation
TRDI: calibração da bússola, mas sem avaliação e dados de GPS ou teste de loop.	Atenção	Bússola: Sem avaliação da bússola
<i>TRDI: Compass evaluation has an error > 1 and either GPS data or a Loop test.</i>	Caution	Compass: Evaluation result > 1 deg
TRDI: a avaliação da bússola tem um erro > 1 e os dados do GPS ou um teste de loop.	Atenção	Bússola: Resultado da avaliação > 1 grau
<i>Magnetic variation is not consistent among transects.</i>	Caution	Compass: Magnetic variation is not consistent among transects
A variação magnética não é consistente entre as travessias	Atenção	Bússola: a variação magnética não é consistente entre as travessias
<i>Magnetic variation = 0 and GPS data are available,</i>	Warning	COMPASS: Magnetic variation is 0 and GPS data are present
Variação magnética = 0 e dados GPS estão disponíveis	Alerta	BÚSSOLA: a variação magnética é 0 e os dados GPS estão presentes
<i>Mean pitch > +/- 8</i>	Warning	PITCH: One or more transects have a mean pitch > 8 deg
Pitch médio > +/- 8	Alerta	PITCH: Um ou mais travessias têm uma inclinação média > 8 graus
<i>Mean pitch > +/- 4</i>	Caution	Pitch: One or more transects have a mean pitch > 4 deg
Pitch médio > +/- 4	Atenção	PITCH: Um ou mais travessias têm uma inclinação média > 4 graus
<i>Mean roll > +/- 8</i>	Warning	ROLL: One or more transects have a mean roll > 8 deg
Roll médio > +/- 8	Alerta	ROLL: Um ou mais travessias têm uma inclinação média > 8 graus
<i>Mean roll > +/- 4</i>	Warning	Roll: One or more transects have a mean roll > 4 deg
Roll médio > +/- 4	Alerta	Roll: Um ou mais travessias têm uma inclinação média > 4 graus
Pitch standard deviation > 5	Caution	Pitch: One or more transects have a pitch std dev > 5 deg

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Desvio padrão do pitch > 5	Atenção	Pitch: Uma ou mais travessias tem std dev > 5 graus
<i>Roll standard deviation > 5</i>	Caution	<i>Roll: One or more transects have a roll std dev > 5 deg</i>
Desvio padrão do roll > 5	Atenção	Roll: Uma ou mais travessias tem std dev > 5 graus
<i>SonTek G3 compass: pitch exceeds calibration limits</i>	Caution	<i>Compass: One or more transects have pitch exceeding calibration limits</i>
Bússola SonTek G3: pitch excede os limites de calibração	Atenção	Bússola: um ou mais transectos têm pitch excedendo os limites de calibração
<i>SonTek G3 compass: roll exceeds calibration limits</i>	Caution	<i>Compass: One or more transects have roll exceeding calibration limits</i>
Bússola SonTek G3: roll excede os limites de calibração	Atenção	Bússola: uma ou mais travessias têm roll excedendo os limites de calibração
<i>SonTek G3 compass: Magnetic error > 2</i>	Caution	<i>Compass: One or more transects have a change in mag field exceeding 2%</i>
Bússola SonTek G3: Erro magnético > 2	Atenção	Bússola: Um ou mais travessias têm uma mudança no campo magnético superior a 2%
<i>User change</i>	Caution	<i>Compass: User modified magnetic variation</i>
Alteração do usuário	Atenção	Bússola: variação magnética modificada pelo usuário
<i>User change</i>	Caution	<i>Compass: User modified heading offset</i>
Alteração do usuário	Atenção	Bússola: deslocamento de rumo modificado pelo usuário

9.4 Validação da temperatura da água

A precisão das medições de descarga líquida feitas com um ADCP depende da velocidade do som, que por sua vez depende da temperatura da água. A política do USGS é que seja realizada uma medida de temperatura da água independente e comparada com a temperatura da água medida pelo ADCP. O *WinRiver II* permite que o usuário insira essa temperatura de água independente e o QRev lerá esse valor do arquivo *.mmt e preencherá automaticamente esse valor no QRev. Para equipamentos da SonTek, o usuário deve inserir manualmente a medida de temperatura da água independente. Então o QRev compara a temperatura da água independente com a leitura do ADCP inserida pelo usuário ou a temperatura média da água do ADCP para toda a medição. De acordo com a política do USGS, se a diferença de temperatura exceder 2 graus Celsius, um aviso será emitido.

O QRev também avalia a mudança na temperatura da água medida pelo ADCP durante a medição. Em alguns locais, a temperatura da água pode variar durante a medição ou especialmente na seção transversal. No entanto, uma mudança na temperatura da água medida durante uma medição é frequentemente um indicativo de que não houve tempo suficiente para o ADCP entrar em equilíbrio térmico com a água. Nessa situação, o ADCP está medindo a temperatura da água errada e, portanto, usando a velocidade do som errada. As verificações usadas para avaliar a temperatura da água e as mensagens de *feedback* são mostradas na Tabela 8.

Tabela 8 – Critérios de controle de qualidade da temperatura da água

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Temperature range for measurement > 2 C	Warning	TEMPERATURE: Temperature range is <xx> degrees C which is greater than 2 degrees
Variação de temperatura é > 2C	Alerta	TEMPERATURA: variação é de <xx> graus C que é maior que 2 graus
Temperature range for measurement > 1 C	Caution	Temperature: Temperature range is <xx> degrees C which is greater than 1 degree
Variação de temperatura é > 1C	Atenção	Temperatura: variação é de <xx> graus C que é maior que 1 grau
User did not provide an independent temperature	Caution	Temperature: No independent temperature reading
Usuário não indicou uma temperatura independente	Atenção	Temperatura: Temperatura independente não foi lida
Difference between user supplied independent temperature and ADCP temperature > 2	Warning	TEMPERATURE: The difference between ADCP and reference is > 2: <xx> C
Diferença entre medida de temperatura independente e temperatura do ADCP > 2 C	Alerta	TEMPERATURA: a diferença entre ADCP e referência é > 2: <xx>C
User change	Caution	Temperature: User modified temperature source
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a temperatura
User change	Caution	Temperature: User modified speed of sound source
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a velocidade do som
User change	Caution	Temperature: User modified independent temperature
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a temperatura independente
User change	Caution	Temperature: User modified ADCP temperature
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a temperatura do ADCP

9.5 Testes de fundo móvel

A política do USGS exige que um teste de fundo móvel seja concluído para cada medição de descarga líquida com ADCP (Mueller e outros, 2013). Um método de teste de fundo móvel em *loop* ou estacionário pode ser utilizado. A avaliação da qualidade dos testes de fundo móvel é feita de acordo com as seguintes etapas:

- (1) Avaliação detalhada de cada teste de fundo móvel;
- (2) Seleção do(s) teste(s) de fundo móvel a ser utilizado; e
- (3) Avaliação da qualidade usando o(s) teste(s) selecionado(s).

A etapa de avaliação detalhada analisa o teste de fundo móvel real com base em critérios específicos para testes de *loop* ou estacionários. Com base nos resultados dessa avaliação detalhada, o QRev seleciona o (s) teste (s) de fundo móvel a ser usado para determinar se existe fundo móvel e aplica as correções necessárias. A etapa de avaliação geral da qualidade é concluída com base nos resultados do teste de fundo móvel selecionado e fornece o *feedback* textual e codificado por cores para o usuário na janela principal do QRev.

A avaliação dos testes de *loop* utiliza os mesmos critérios e algoritmos do algoritmo LC (Mueller et al., 2013) e confere ao teste de fundo móvel de *loop* uma classificação de qualidade, avisos ou erros. As verificações de qualidade e mensagens específicas (Tabela 9) relacionadas a cada teste de fundo móvel de *loop* são exibidas nas guias do teste de fundo móvel. Se houver um erro, o teste de *loop* não é válido e a condição do fundo móvel permanece desconhecida. Depois que o teste de fundo móvel em *loop* é avaliado, a existência de fundo móvel é determinada com base nas verificações das mensagens resultantes mostradas na Tabela 10.

Se os dados do GPS estiverem disponíveis, o usuário terá a opção de utilizar o GPS como referência de posicionamento no teste de fundo móvel. Assim o posicionamento via GPS será para comparado com a referência do *Bottom Track*, ao invés de assumir a premissa de localização fixa do barco para testes estacionários ou retorno ao local exato de partida para o teste de *loop*.⁵

Ao utilizar o GPS como referência de posicionamento no teste de fundo móvel, a distância e a direção de fechamento são calculadas utilizando a magnitude e a direção da travessia com GPS e comparado com a travessia apontada pelo *Bottom Track*. Este erro de fechamento é calculado automaticamente se os dados de GPS estiverem disponíveis e é usado para verificar a consistência entre os testes de fundo móvel utilizando apenas o *Bottom Track* e o teste utilizando GPS. Se os dados GGA estiverem disponíveis, eles serão utilizados, caso contrário, os dados VTG serão usados. Dependendo do movimento do barco, a variação magnética pode ter interferido nos resultados com GPS. As correções de rumo oriundas da variação magnética e a origem do rumo podem ser alteradas na guia *Compass P/R* e aplicando-os a todas as travessias.

Tabela 9 – Critérios de controle de qualidade do teste de fundo móvel

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Temperature range for measurement > 2 C	Warning	TEMPERATURE: Temperature range is <xx> degrees C which is greater than 2 degrees
Variação de temperatura é > 2C	Alerta	TEMPERATURA: variação é de <xx> graus C que é maior que 2 graus
Temperature range for measurement > 1 C	Caution	Temperature: Temperature range is <xx> degrees C which is greater than 1 degree
Variação de temperatura é > 1C	Atenção	Temperatura: variação é de <xx> graus C que é maior que 1 grau
User did not provide an independent temperature	Caution	Temperature: No independent temperature reading
Usuário não indicou uma temperatura independente	Atenção	Temperatura: Temperatura independente não foi lida
Difference between user supplied independent temperature and ADCP temperature > 2	Warning	TEMPERATURE: The difference between ADCP and reference is > 2: <xx> C
Diferença entre medida de temperatura independente e temperatura do ADCP > 2 C	Alerta	TEMPERATURA: a diferença entre ADCP e referência é > 2: <xx>C
User change	Caution	Temperature: User modified temperature source
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a temperatura
User change	Caution	Temperature: User modified speed of sound source

⁵ Esta configuração está na guia *MovBedTst* e não tem relação com a configuração de referência de navegação para o cálculo da descarga líquida.

Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a velocidade do som
<i>User change</i>	Caution	<i>Temperature: User modified independent temperature</i>
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a temperatura independente
<i>User change</i>	Caution	<i>Temperature: User modified ADCP temperature</i>
Alteração do usuário	Atenção	Temperatura: usuário modificou a temperatura do ADCP

Tabela 10 – Mensagens de verificação da existência de fundo móvel

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Test status = Error	Unknown	<i>ERROR: Due to ERRORS noted above this loop is NOT VALID. Please consider suggestions.</i>
Status do teste = Erro	Desconhecido	ERRO: devido a erros o loop indicado é inválido. Considere as sugestões
<i>Closure error not within +/- 45 degrees of upstream</i>	Unknown	<i>ERROR: Loop closure error not in upstream direction. REPEAT LOOP or USE STATIONARY TEST.</i>
Erro de fechamento não está dentro de +/- 45 graus para montante	Desconhecido	ERRO: erro de fechamento do loop não está para montante. REPETIR o LOOP ou USAR TESTE ESTACIONÁRIO
Moving-bed percent > 1%	Yes	<i>Loop Indicates a Moving Bed -- Use GPS as reference. If GPS is unavailable or invalid use the loop method to correct the final discharge.</i>
Percentual de fundo móvel > 1%	Sim	Loop indica fundo móvel -- Utilizar o GPS como referência. Se o GPS não estiver disponível, use o loop para corrigir a descarga líquida final
<i>Moving-bed percent < 1%</i>	No	<i>Moving Bed Velocity < 1% of Mean Velocity -- No Correction Recommended</i>
Percentual de fundo móvel < 1%	Não	Velocidade de fundo móvel < 1% da velocidade média - nenhuma correção é necessária
<i>Moving-bed speed < 0.012 m/s</i>	No	<i>Moving-bed velocity < Minimum moving-bed velocity criteria -- No correction recommended.</i>
Velocidade do fundo móvel < 0,012 m/s	Não	Velocidade de fundo móvel < Velocidade mínima de fundo móvel -- nenhuma correção é necessária

Ao contrário do *WinRiver II*, *RiverSurveyor Live* ou *SMBA*, o *QRev* avalia a qualidade de cada vertical do teste de fundo móvel estacionário. É examinado o percentual de amostras verticais com velocidade do barco calculadas pelo *Bottom Track* inválidas, a duração do teste e se o teste atingiu o equilíbrio. Os dados com *Bottom Track* inválido são excluídos do teste estacionário. A lógica para a avaliação do teste de fundo móvel estacionário é apresentada nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Critérios de controle de qualidade do teste de fundo móvel estacionário

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
No valid bottom track	Error	<i>ERROR - Stationary moving-bed test has no valid bottom track data.</i>
Bottom Track inválido	Erro	ERRO: Teste estacionário não tem dados de Bottom Track válidos
<i>Duration < 300 seconds</i>	Warning	<i>WARNING - Duration of stationary test is less than 5 minutes</i>
Duração < 300 segundos	Alerta	ALERTA - Duração do teste estacionário < 5 minutos

<i>Last 30 seconds of test has a coefficient of variation > 0.25 and a velocity standard deviation > 0.03</i>	Warning	<i>WARNING - Moving-bed velocity may not be consistent. Average maybe inaccurate.</i>
Últimos 30s de teste tem coeficiente de variação > 0,25	Alerta	ALERTA - Velocidade de fundo móvel não é consistente. Média pode não ser acurada
<i>Duration of valid bottom track <= 120 seconds</i>	Error	<i>ERROR - Total duration of valid BT data is insufficient for a valid test.</i>
Duração do Bottom Track válido <= 120s	Erro	ERRO - Duração total de Bottom Track válido é insuficiente para um teste válido
<i>Percent of invalid bottom track > 10%</i>	Warning	<i>WARNING - Number of ensembles with invalid bottom track exceeds 10%</i>
Percentual de Bottom Track inválido > 10%	Alerta	ALERTA - Número de amostras verticais com Bottom Track inválido excede 10%

Tabela 12 – Critérios de determinação de fundo móvel com teste estacionário

Resultado do teste	Status
Stationary test has errors	Unknown
Teste estacionário tem erros	Desconhecido
Moving-bed percent > 1%	Yes
Percentual de fundo móvel > 1%	Sim
Moving-bed percent < 1%	No
Percentual de fundo móvel < 1%	Não

Se mais de um teste de *loop* ou estacionário forem realizados, o QRev decidirá quais testes devem ser selecionados para determinar se existe fundo móvel e calcular as correções necessárias. Se houver mais de um teste de *loop* válido, o último teste de *loop* é selecionado. Se não houver nenhum teste de *loop* válido, todos os testes estacionários válidos serão selecionados. Se qualquer um dos testes selecionados indicar presença de fundo móvel, o(s) teste(s) selecionado(s) serão utilizados para corrigir a descarga líquida calculada utilizando o *Bottom Track* como referência de trajeto.

A avaliação geral de qualidade utiliza o teste de fundo móvel selecionado para definir a cor e o símbolo da guia e fornecer mensagens ao usuário. As verificações de qualidade e mensagens para testes de fundo móvel são mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 – Critérios de controle de qualidade do teste de fundo móvel

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
No recorded moving-bed test	Warning	<i>MOVING-BED TEST: No moving bed test</i>
Nenhum teste de fundo móvel gravado	Alerta	TESTE DE FUNDO MÓVEL: Nenhum teste
<i>ALL moving-bed tests have been marked invalid by user</i>	Warning	<i>MOVING-BED TEST: No valid moving-bed test based on user input</i>
Todos os testes de fundo móvel estão marcados como inválido pelo usuário	Alerta	TESTE DE FUNDO MÓVEL: Nenhum teste válido foi indicado pelo usuário
Moving-bed tests have duplicate filenames	Warning	<i>MOVING-BED TEST: Duplicate moving-bed test files marked valid</i>
Existem testes duplicados	Alerta	TESTE DE FUNDO MÓVEL: Arquivos de testes duplicados foram marcados como valido
<i>Moving-bed tests indicate a moving-bed</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: A moving-bed is present, use GPS or moving-bed correction</i>

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Teste(s) indica presença de fundo móvel	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: presença de fundo móvel, utilize GPS ou correção de fundo móvel
<i>Stationary moving-bed tests indicated a moving bed, no GPS data, and less than 3 stationary tests</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: Less than 3 stationary tests available for moving-bed correction</i>
Teste estacionário indica fundo móvel, não há dados de GPS e menos de 3 verticais de teste estacionário	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: menos de 3 verticais do teste estacionário são válidas para correção
<i>ALL moving-bed tests have warnings</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: The moving-bed test(s) has warnings, please review tests to determine validity</i>
Todos os testes de fundo móvel possuem alertas	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: existem alertas nos testes, revise os testes para definir sua validade
<i>User forced use of moving-bed tests for correction that had critical errors</i>	Warning	<i>MOVING-BED TEST: The user has manually forced the use of some tests</i>
Usuário forçou o uso do teste de fundo móvel para uma correção que tem erros críticos	Alerta	TESTE DE FUNDO MÓVEL: o usuário forçou manualmente o uso de alguns testes
<i>ALL moving-bed tests have critical errors</i>	Warning	<i>MOVING-BED TEST: The moving-bed test(s) have critical errors and will not be used</i>
Todos os testes de fundo móvel tem erros críticos	Alerta	TESTE DE FUNDO MÓVEL: teste(s) de fundo móvel tem erros críticos e não serão utilizados
<i>Multiple valid loop tests did not produce consistent results</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: Results of valid loops are not consistent, review moving-bed tests</i>
Múltiplos testes loop válidos não produzem resultado consistente	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: resultados dos loops válidos não são consistentes, revise os testes
<i>User change</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: User modified valid test settings.</i>
Aleração do usuário	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: usuário modificou os testes válidos
<i>User change</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: User modified use to correct settings.</i>
Aleração do usuário	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: usuário modificou as indicações de correção
<i>Difference in percent moving bed between BT and GPS > 2%</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: Bottom track and GPS results differ by more than 2%.</i>
Diferença entre percentual de fundo móvel pelo BT e GPS > 2%	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: Resultados do teste com Bottom Track e GPS diferem > 2%
<i>Results of moving bed tests using BT and GPS do not agree</i>	Caution	<i>Moving-Bed Test: Bottom track and GPS results do not agree.</i>
Resultados do teste de fundo móvel utilizando BT e GPS não concordam	Atenção	TESTE DE FUNDO MÓVEL: Resultados do teste com Bottom Track e GPS discordantes

9.6 Entradas do usuário

O QRev verifica se o nome e o número da estação foram inseridos. Se o nome e o número da estação forem inseridos no WinRiver II, o QRev lerá e usará esses valores. O arquivo Matlab da SonTek não fornece um nome e número de estação; portanto, para ADCPs da SonTek o usuário deve inserir o nome e o número da estação manualmente no QRev.

9.7 Variáveis da medição de descarga líquida

As variáveis medidas durante a descarga líquida são a velocidade do barco, profundidade e velocidade da água. Para cada uma dessas variáveis, as amostras verticais com dados inválidos são identificadas e a descarga líquida é calculada para essas amostras verticais com base nos dados interpolados. A avaliação da qualidade é baseada nas seguintes três características:

- (1) Vazão total interpolada;
- (2) Vazão máxima interpolada para um segmento contínuo de dados inválidos; e
- (3) o número total de amostras verticais inválidas.

As verificações de qualidade e as mensagens resultantes são fornecidas nas Tabelas 14-16.

Tabela 14 – Resumo das mensagens de controle de qualidade para velocidade do barco

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Percent of discharge interpolated for ensembles with invalid bottom track > 10%	Caution	<ref> - <filter>: Int. Q for invalid ensembles in a transect exceeds 10%
Percentual de descarga líquida interpolada para amostras verticais inválidas com Bottom Track > 10%	Atenção	<ref> - <filter>: Int. Q para amostras inválidas em uma travessia excede 10%
Percent of discharge interpolated for ensembles with invalid bottom track > 25%	Warning	<REF> - <filter>: Int. Q for invalid ensembles in a transect exceeds 25%
Percentual de descarga líquida interpolada para amostras verticais inválidas com Bottom Track > 25%	Alerta	<ref> - <filter>: Int. Q para amostras inválidas em uma travessia excede 25%
Percent of discharge interpolated for consecutive ensembles with invalid bottom track > 3%	Caution	<ref> - <filter>: Int. Q for consecutive invalid ensembles exceeds 3%
Percentual de descarga líquida interpolada para amostras verticais inválidas consecutivas com Bottom Track > 3%	Atenção	<ref> - <filter>: Int. Q para amostras inválidas consecutivas excede 3%
Percent of discharge interpolated for consecutive ensembles with invalid bottom track > 5%	Warning	<REF> - <filter>: Int. Q for consecutive invalid ensembles exceeds 5%
Percentual de descarga líquida interpolada para amostras verticais inválidas consecutivas com Bottom Track > 5%	Alerta	<ref> - <filter>: Int. Q para amostras inválidas consecutivas excede 5%
VTG selected as navigation reference and average boat speed < 0.24 m/s	Caution	vtg-AvgSpeed: VTG data may not be accurate for average boat speed less than
VTG foi selecionado como referência de navegação e a velocidade média do barco < 0,24 m/s	Atenção	vtg-AvgSpeed: dados VTG podem não ser precisos para velocidade do barco menor que 0,24 m/s
No valid boat velocities	Warning	<REF> - All: There are no valid data for one or more transects.
Nenhuma velocidade do barco válida	Alerta	<REF> - All: Nenhum dado válido para uma ou mais travessias
User change	Caution	BT: User modified default beam setting.
Aleração do usuário	Atenção	
User change	Caution	BT: User modified default error velocity filter.
Aleração do usuário	Atenção	
User change	Caution	BT: User modified default vertical velocity filter.

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Aleração do usuário	Atenção	
<i>User change</i>	Caution	<i>BT: User modified default smooth filter.</i>
Aleração do usuário	Atenção	
<i>User change</i>	Caution	<i>GPS: User modified default quality setting.</i>
Aleração do usuário	Atenção	
<i>User change</i>	Caution	<i>GPS: User modified default altitude filter.</i>
Aleração do usuário	Atenção	
<i>User change</i>	Caution	<i>GPS: User modified default HDOP filter.</i>
Aleração do usuário	Atenção	
<i>User change</i>	Caution	<i>GPS: User modified default smooth filter.</i>
Aleração do usuário	Atenção	

Tabela 15 – Resumo das mensagens de controle de qualidade para profundidade

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Depth of transducer is inconsistent for all transects	Caution	<i>Depth: Transducer depth is not consistent among transects</i>
Profundidade do transdutor é inconsistente para todas as travessias	Atenção	Profundidade: Profundidade do transdutor não é consistente entre travessias
<i>Depth of transducer < 0.01 m</i>	Warning	<i>DEPTH: Transducer depth is too shallow, likely 0</i>
Profundidade do transdutor < 0,01m	Alerta	Profundidade: Profundidade do transdutor é muito pequena, praticamente zero
<i>Percent of discharge interpolated for consecutive ensembles with invalid mean depth > 5%</i>	Warning	<i>DEPTH: Int. Q for consecutive invalid ensembles exceeds 5%</i>
Percentual de descarga interpolada para amostras verticais consecutivas com profundidade inválida > 5%	Alerta	PROFUNDIDADE: Int. Q para amostras inválidas consecutivas excede 5%
<i>Percent of discharge interpolated for consecutive ensembles with invalid mean depth > 3%</i>	Caution	<i>Depth: Int. Q for consecutive invalid ensembles exceeds 3%</i>
Percentual de descarga interpolada para amostras verticais consecutivas com profundidade inválida > 3%	Atenção	Profundidade: Int. Q para amostras inválidas consecutivas excede 3%
<i>Percent of discharge interpolated for ensembles with invalid mean depth > 25%</i>	Warning	<i>DEPTH: Int. Q for invalid ensembles in a transect exceeds 25%</i>
Percentual de descarga interpolada para amostras verticais com profundidade inválida > 25%	Alerta	PROFUNDIDADE: Int. Q para amostras inválidas em uma travessia excede 3%
<i>Percent of discharge interpolated for ensembles with invalid mean depth > 10%</i>	Caution	<i>Depth: Int. Q for invalid ensembles in a transect exceeds 10%</i>
Percentual de descarga interpolada para amostras verticais com profundidade inválida > 10%	Atenção	PROFUNDIDADE: Int. Q para amostras inválidas em uma travessia excede 10%
<i>User change</i>	Caution	<i>Depths: User modified depth reference.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Profundidade: usuário alterou referência de profundidade
<i>User change</i>	Caution	<i>Depths: User modified depth reference.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Profundidade: usuário alterou referência de profundidade

User change	Caution	Depths: User modified averaging method.
Aleração do usuário	Atenção	Profundidade: usuário alterou método de média
User change	Caution	Depths: User modified filter type.
Aleração do usuário	Atenção	Profundidade: usuário alterou o tipo de filtro
User change	Caution	Depths: User modified draft.
Aleração do usuário	Atenção	Profundidade: usuário alterou o draft

Tabela 16 – Resumo das mensagens de controle de qualidade para velocidade da água

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Percent of discharge interpolated for depth cells with invalid water track > 10%	Caution	wt - <filter>: Int. Q for invalid cells and ensembles in a transect exceeds 10%
Percentual de descarga líquida interpolada para células de velocidade da água inválida > 10%	Atenção	wt - <filter>: Int. Q para células e amostras inválidas em uma travessia excede 10%
Percent of discharge interpolated for depth cells with invalid water track > 25%	Warning	WT - <filter>: Int. Q for invalid cells and ensembles in a transect exceeds 25%
Percentual de descarga líquida interpolada para células de velocidade da água inválida > 25%	Alerta	wt - <filter>: Int. Q para células e amostras inválidas em uma travessia excede 25%
Percent of discharge interpolated for consecutive ensembles with invalid water track > 3%	Caution	wt - <filter>: Int. Q for consecutive invalid ensembles exceeds 3%
Percentual de descarga líquida interpolada para células consecutivas de velocidade da água inválida > 3%	Atenção	wt - <filter>: Int. Q para amostras inválidas consecutivas excede 3%
Percent of discharge interpolated for consecutive ensembles with invalid water track > 5%	Warning	WT - <filter>: Int. Q for consecutive invalid ensembles exceeds 5%
Percentual de descarga líquida interpolada para células consecutivas de velocidade da água inválida > 5%	Alerta	WT - <filter>: Int. Q para amostras inválidas consecutivas excede 5%
No valid water velocities	Warning	WT - All: There are no valid data for one or more transects.
Nenhuma célula com velocidade da água válida	Alerta	WT - All: não existem dados válidos para uma ou mais travessias
User change	Caution	WT: User modified excluded distance.
Aleração do usuário	Atenção	WT: Usuário modificou a distância excluída
User change	Caution	WT: User modified default beam setting.
Aleração do usuário	Atenção	WT: Usuário modificou a configuração de feixes padrão
User change	Caution	WT: User modified default error velocity filter.
Aleração do usuário	Atenção	WT: Usuário modificou a configuração padrão do filtro de erro de velocidade
User change	Caution	WT: User modified default vertical velocity filter.
Aleração do usuário	Atenção	WT: Usuário modificou a configuração padrão do filtro de velocidade vertical
User change	Caution	WT: User modified default SNR filter.
Aleração do usuário	Atenção	WT: Usuário modificou a configuração padrão do filtro de SNR

9.8 Extrapolações (de topo e fundo⁶)

A qualidade da extrapolação é baseada na extrapolação da incerteza (descrita na seção “cálculo da incerteza”). As verificações de qualidade e as mensagens resultantes são fornecidas na Tabela 17.

9.9 Margens

A avaliação de qualidade das margens é uma combinação de política do USGS, razoabilidade das estimativas das margens e consistência. A política do USGS requer documentação ou dados de apoio para qualquer estimativa de margem que exceda 5 por cento da descarga total (Mueller e outros, 2013). Além disso, as margens não devem ter uma descarga zero e o tipo de margem e o sinal (direção) devem ser consistentes. A lógica para avaliar a qualidade das margens é fornecida na Tabela 18.

Tabela 17 – Critérios de controle de qualidade da extrapolação

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Extrapolation uncertainty is greater than 2%	Caution	<i>Extrapolation: The extrapolation uncertainty is more than 2 percent. Carefully review the extrapolation.</i>
Incerteza da extrapolação é maior que 2%	Atenção	Extrapolação: A incerteza da extrapolação é maior que 2%. Revise com atenção a extrapolação
<i>User change</i>	Caution	<i>Extrapolation: User modified default automatic setting.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Extrapolação: Usuário modificou a configuração padrão
<i>User change</i>	Caution	<i>Extrapolation: User modified data type</i>
Aleração do usuário	Atenção	Extrapolação: usuário modificou o tipo de dado
<i>User change</i>	Caution	<i>Extrapolation: User modified default threshold.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Extrapolação: usuário modificou o limite padrão
<i>User change</i>	Caution	<i>Extrapolation: User modified subsectioning</i>
Aleração do usuário	Atenção	Extrapolação: usuário modificou as subdivisões

Tabela 18 – Critérios de controle de qualidade da estimativa de descarga líquida na margem

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Left edge discharge > 5% of total	Caution	<i>Edges: Left edge Q is greater than 5%</i>
Descarga líquida na margem esquerda >5% da vazão total	Atenção	Margens: Q da Margem esquerda é maior que 5%
Right edge discharge > 5% of total	Caution	<i>Edges: Right edge Q is greater than 5%</i>
Descarga líquida na margem direita >5% da vazão total	Atenção	Margens: Q da Margem direita é maior que 5%
Left edge discharge for a transect is > 5% of total	Caution	<i>Edges: One or more transects have a left edge Q greater than 5%</i>
Descarga líquida na margem esquerda para uma travessia >5% da vazão total	Atenção	Margens: Um ou mais travessias tem Q da Margem esquerda maior que 5%
Right edge discharge for a transect is > 5% of total	Warning	<i>Edges: One or more transects have a right edge Q greater than 5%</i>
Descarga líquida na margem direita para uma travessia >5% da vazão total	Alerta	Margens: Um ou mais travessias tem Q da Margem direita maior que 5%

⁶ O documento original não coloca explicitamente se trata apenas das extrapolações de topo e fundo ou se inclui as margens também. Pelo que é abordado nos itens seguintes, os critérios desta seção tratam apenas das extrapolações de topo e fundo.

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
<i>Sign of left edge discharges is inconsistent among transects</i>	Caution	<i>Edges: Sign of left edge Q is not consistent</i>
Sinal da descarga líquida na margem esquerda é inconsistente entre travessias	Atenção	Margens: sinal da margem esquerda não é consistente
<i>Sign of right edge discharges is inconsistent among transects</i>	Warning	<i>Edges: Sign of right edge Q is not consistent</i>
Sinal da descarga líquida na margem direita é inconsistente entre travessias	Alerta	Margens: sinal da margem direita não é consistente
<i>Distance moved during collection of left edge data exceeds 5% of distance made good or the user provided left edge distance</i>	Caution	<i>Edges: Excessive boat movement in left edge ensembles</i>
Movimento durante a coleta da margem esquerda excede 5% da DMG ou usuário forneceu a distância da margem esquerda	Atenção	Margens: excesso de movimentação nas amostras verticais da margem esquerda
<i>Distance moved during collection of right edge data exceeds 5% of distance made good or the user provided right edge distance</i>	Caution	<i>Edges: Excessive boat movement in right edge ensembles</i>
Movimento durante a coleta da margem direita excede 5% da DMG ou usuário forneceu a distância da margem direita	Atenção	Margens: excesso de movimentação nas amostras verticais da margem direita
<i>Invalid left or right edge ensembles > 25%</i>	Caution	<i>Edges: The percent of invalid ensembles exceeds 25% in one or more transects.</i>
Amostras verticais inválidas na margem esquerda ou direita > 25%	Atenção	Margens: O percentual de amostras inválidas excede 25% em uma ou mais travessias
<i>Left edge discharge in one or more transects = 0</i>	Warning	<i>EDGES: Left edge has zero Q</i>
Descarga líquida na margem esquerda de uma ou mais travessias = 0	Alerta	MARGENS: Margem esquerda tem Q igual a zero
<i>Right edge discharge in one or more transects = 0</i>	Warning	<i>EDGES: Right edge has zero Q</i>
Descarga líquida na margem direita de uma ou mais travessias = 0	Alerta	MARGENS: Margem direita tem Q igual a zero
<i>Type of edge for left edge is not consistent</i>	Warning	<i>EDGES: Left edge type is not consistent</i>
Tipo da margem esquerda não é consistente	Alerta	MARGENS: Tipo da margem direita não é consistente
<i>Type of edge for right edge is not consistent</i>	Warning	<i>EDGES: Right edge type is not consistent</i>
Tipo da margem direita não é consistente	Alerta	MARGENS: Tipo da margem esquerda não é consistente
User change	Caution	<i>Edges: User modified start edge.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou a margem inicial
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified left edge type.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou o tipo da margem esquerda
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified left edge distance.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou a distância da margem esquerda
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified left number of ensembles.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: Usuário modificou o número de amostras verticais da margem esquerda
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified left user discharge.</i>

Critério de controle de qualidade	Status	Mensagem
Aleração do usuário	Atenção	Margens: Usuário modificou a descarga indicada na margem esquerda
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified left custom coefficient.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou o coeficiente customizado da margem esquerda
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified right edge type.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou o tipo da margem direita
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified right edge distance.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou a distância da margem direita
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified right number of ensembles.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: Usuário modificou o número de amostras verticais da margem direita
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified right user discharge.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: Usuário modificou a descarga indicada na margem direita
<i>User change</i>	Caution	<i>Edges: User modified right custom coefficient.</i>
Aleração do usuário	Atenção	Margens: usuário modificou o coeficiente customizado da margem direita

10 Cálculo da incerteza

Calcular a incerteza de uma medição de descarga líquida de ADCP com barco em movimento é uma tarefa complexa. Embora muitos pesquisadores tenham proposto abordagens para determinar a incerteza de uma medição de descarga líquida com barco em movimento, um modelo de incerteza que tem sido geralmente aceito e que pode ser aplicado a medições de campo reais não existe. O método usado no QRev é baseado em suposições simples e no que provavelmente são as maiores fontes de erro. A abordagem usada não é detalhada nem abrangente, mas é apresentada como um guia para o usuário na avaliação da medição. O QRev avalia a incerteza com base nas seguintes categorias:

1. aleatório;
2. dados inválidos;
3. descarga de margem;
4. cama móvel;
5. extrapolação; e
6. sistemático.

A abordagem usada para atribuir a incerteza a cada uma dessas categorias é discutida nas seções a seguir.

10.1 Incerteza aleatória

A incerteza aleatória de 95% é definida utilizando a distribuição de *t-student*, de acordo com o número de graus de liberdade da medição, para determinação do coeficiente de variação da medição de descarga líquida (QCOV), que por sua vez é dividido pela raiz quadrada do número de travessias. Para o caso em que apenas duas travessias estão disponíveis, a incerteza de 95 por cento é calculada como sendo $3,3\text{QCOV}$.

10.2 Incerteza de dados inválidos

A incerteza de 95% para dados inválidos é assumida como 20% do percentual de da descarga nas células e amostras verticais inválidas.

10.3 Incerteza da descarga líquida nas margens

A incerteza de 95% para descarga líquida é assumida como sendo 30% do percentual da descarga nas margens. Essa incerteza abrange as incertezas associadas com a geometria, rugosidade, profundidade, velocidade e distância da margem.

10.4 Incerteza da extrapolação

A incerteza da extrapolação é determinada calculando a diferença percentual média entre a descarga líquida com o método de extrapolação selecionado e os outros métodos de extrapolação possíveis. Os métodos de extrapolação considerados possíveis são os seguintes:

1. potência superior, potência inferior, expoente $1/6$;
2. potência superior, potência inferior, expoente otimizado;
3. constante superior, inferior sem deslizamento, expoente $1/6$;
4. constante superior, inferior sem deslizamento, expoente otimizado;
5. três pontos superiores, inferior sem deslizamento, expoente $1/6$;
6. três pontos superiores, inferior sem deslizamento, expoente otimizado; e
7. método opcional especificado manualmente.

10.5 Incerteza do fundo móvel

Se o *Bottom Track* não for a referência de navegação, a incerteza do fundo móvel é definida como zero. Se o *Bottom Track* for utilizado e houver um teste de fundo móvel válido, a incerteza do teste de fundo móvel é definida como 1% se o teste não indicar presença de fundo móvel e 1,5% se houver fundo móvel. Caso não haja um teste ou o teste existente for inválido, a incerteza é definida para 3%.

10.6 Incerteza sistemática (Erro sistemático)⁷

O erro sistemático é assumido como 1,5 por cento do desvio padrão.

⁷ O termo do documento original é *Systematic Uncertain*.

Systematic Uncertain e *Systematic Error* possuem significados parecidos. *Systematic Uncertain* é uma possível variação desconhecida da medição ou derivada de um conjunto de medições, cuja variabilidade de um dado para outro não é aleatória. (Orsen, Scott 2020 – Notas de aula da disciplina Teoria das Medições do curso de Astronomia/Física da University of British Columbia).

10.7 Incerteza estimada

A abordagem padrão para calcular a incerteza de 95% é calcular a raiz quadrada da soma dos quadrados dos desvios padrão das várias fontes de incerteza (assumindo independência) e, em seguida, multiplicar por dois para obter um valor de 95 por cento (Comitê Conjunto para Guides in Metrology, 2008). Para que a incerteza aleatória receba o fator de cobertura adequado para o número de travessias, cada uma das categorias é estimada ao nível de 95%. Os valores são então divididos por dois antes de tirar a raiz quadrada da soma dos quadrados. Finalmente, o resultado é multiplicado por dois para atingir 95 por cento de incerteza para a medição. O valor final não deve ser visto como estritamente quantitativo, mas mais como um guia qualitativo. Os algoritmos para as várias fontes de incerteza são baseados em aproximações e suposições simples.

10.8 Incerteza adotada pelo usuário

O QRev permite ao usuário aceitar ou substituir os valores de incerteza automáticos inserindo manualmente os valores de incerteza em cada categoria. O valor fornecido pelo usuário será então adotado para calcular a incerteza final.

11 Formato dos arquivos

O QRev pode ler os arquivos de dados brutos (* .mmt e * .pd0) produzidos pelo *Win-River II* para todos os ADCPs TRDI. O formato de dados brutos para arquivos SonTek * .riv e * .rivr não está disponível, portanto, o QRev só pode usar os arquivos * .mat produzidos pelo *RiverSurveyor Live* e RSQ. As versões do *RiverSurveyor Live* anteriores à versão 3.81 produziram arquivos * .mat que não podem ser lidos pelas versões do Matlab 2014 ou posteriores.

O formato de armazenamento de dados interno do QRev é documentado no código-fonte. Os dados podem ser salvos em um arquivo Matlab, que QRev pode ler para revisão ou processamento futuro. Com exceção das convenções de nomenclatura e formatação do Python, o formato de armazenamento de dados internos do QRev 4.xx é semelhante ao formato de saída do Matlab. Este formato mantém os dados originais. Os dados são processados e armazenados em um formato padronizado para que os algoritmos computacionais e de filtro possam ser independentes do ADCP usado para coletar os dados.

O QRev também produz um arquivo de saída XML que pode ser utilizado para importar os resultados processados do QRev para o *software* USGS SVMAQ ou outros bancos de dados da agência. O formato XML pode ser consultado no apêndice 3 do documento original.



12 Conclusões e recomendações

O QRev fornece algoritmos computacionais comuns e consistentes combinados com filtros automáticos e de avaliação de qualidade dos dados que melhoram substancialmente a qualidade e eficiência das medições de descarga líquida, garantindo que estas sejam consistentes, precisas e independentes do fabricante e do instrumento usado para fazer a medição.

O QRev representa um passo importante em direção a algoritmos de processamento padrão e avaliação de qualidade que é independente do instrumento; no entanto, há uma necessidade de pesquisa e desenvolvimento adicionais. Os algoritmos de interpolação e filtro podem ser aprimorados com o avanço do conhecimento sobre as medições de descarga líquida, fornecendo avaliações de qualidade mais complexas, com métodos padronizados para estimar a descarga líquida em áreas não medidas e fornecer uma abordagem mais robusta para estimar a incerteza de uma medição. Além disso, a estrutura de dados do QRev é um bom ponto de partida para o desenvolvimento de um formato de dados padrão que seria comum entre toda a instrumentação hidroacústica.

13 Referências

- CHEN, Cheng-Lung. **Power law of flow resistance in open channels—Manning’s formula revisited.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHANNEL FLOW AND CATCHMENT RUNOFF, 1989, Charlottesville. Proceedings [...]. Charlottesville, VA: [s.n.], 1989. v. 8, p. 17–48.
- CLEVELAND, W. S. **Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots.** Journal of the American Statistical Association, v. 74, n. 368, p. 829–836, 1979. Disponível em: <http://www.stat.washington.edu/courses/stat527/s13/readings/Cleveland_JASA_1979.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2016.
- CLEVELAND, W. S.; DEVLIN, S. J. **Locally weighted regression—An approach to regression analysis by local fitting.** Journal of the American Statistical Association, v. 83, n. 403, p. 596–610, 1988. Disponível em: <http://www.stat.washington.edu/courses/stat527/s13/readings/Cleveland_Delvin_JASA_198.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2016.
- FULFORD, J. M.; SAUER, V. B. **Comparison of velocity interpolation methods for computing open-channel discharge.** In: SUBITSKY, S. Y. (ed.). Selected papers in the hydrologic sciences. Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1986. (Water-Supply Paper 2290). 154 p. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2290/>>. Acesso em: 6 abr. 2016.
- HAGAN, Ross E. **Measuring discharge with current meters.** Logan: International Irrigation Center, Utah State University, 1989. 39 p.
- JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY. **Evaluation of measurement data—Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995 with minor corrections).** Geneva: JCGM, 2008.
- KHAN, M. A.; MAHMOOD, K.; SKOGERBOE, G. V. **Current meter discharge measurements for steady and unsteady flow conditions in irrigation channels.** Pakistan: IWMI, 1997. (IWMI Pakistan Report T-007).
- MUELLER, D. S. **extrap—Software to assist the selection of extrapolation methods for moving-boat ADCP streamflow measurements.** Computers & Geosciences, v. 54, p. 211–218, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009830041300037X>>. Acesso em: 6 abr. 2016.
- MUELLER, D. S. **QRev—Software for computation and quality assurance of acoustic Doppler current profiler moving-boat streamflow measurements—User’s manual (ver. 2.80).** U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–1052, [s.d.]. 56 p. [No prelo].
- MUELLER, D. S. **Velocity bias induced by flow patterns around ADCPs and associated deployment platforms.** In: IEEE/OES ELEVENTH CURRENT, WAVES AND TURBULENCE MEASUREMENT WORKSHOP, 2015, St. Petersburg. Proceedings [...]. New York:

IEEE, 2015. 7 p. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7098103>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Measurements of leakage from Lake Michigan through three control structures near Chicago, Illinois, April–October 1993.** Water-Resources Investigations Report 94–4112, 48 p. Disponível em: <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/wri944112>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

OFFICE OF SURFACE WATER. **Policy on required minimum screening distance for the RiverSurveyor M9.** U.S. Geological Survey, Office of Surface Water Technical Memorandum 2014.02, 2013. 6 p. Disponível em: <<http://water.usgs.gov/admin/memo/SW/sw1402.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

RANTZ, S. E.; outros. **Measurement and computation of streamflow—Volume 1, Measurement of stage and discharge.** Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1982. (Water-Supply Paper 2175). 284 p. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2175/>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

SCHLICHTING, H. **Boundary layer theory.** 7. ed. New York: McGraw-Hill, 1979.

SEO, I.; BAEK, K. **Estimation of the longitudinal dispersion coefficient using the velocity profile in natural streams.** Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineers, v. 130, n. 3, p. 227–236, 2004. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2004\)130%3A3\(227\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9429(2004)130%3A3(227))>. Acesso em: 6 abr. 2016.

SIMPSON, M. R. **Discharge measurements using a broadband acoustic Doppler current profiler.** U.S. Geological Survey Open-File Report 01–01, 2002. 123 p. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr0101/>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

SIMPSON, M. R.; OLTMANN, R. N. **Discharge-measurement system using an acoustic Doppler current profiler with applications to large rivers and estuaries.** U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2395, 1993. 32 p. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2395/>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

SONTEK. **Principles of river discharge measurement.** San Diego, Calif.: SonTek, A Xylem Brand, 2003. 6 p.

SONTEK. **RiverSurveyor S5/M9 system manual firmware version 3.81.** San Diego, Calif.: SonTek, 2015. 162 p.

TELEDYNE RD INSTRUMENTS. **ADCP coordinate transformation—Formulas and calculations.** San Diego, Calif.: Teledyne RD Instruments, 1998. (P/N 951–6079–00). 29 p. Disponível em: <<http://support.rdinstruments.com/SoftwareFirmware/download-Software.aspx?software=XFORM!.EXE>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

TELEDYNE RD INSTRUMENTS. **Workhorse Rio Grande acoustic Doppler current profiler technical manual.** San Diego, Calif.: Teledyne RD Instruments, 2007. (P/N 957–

6241-00). 264 p. Disponível em: <<http://support.rdinstruments.com/SoftwareFirmware/downloadSoftware.aspx?software=WHRIOMN!.EXE>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

TELEDYNE RD INSTRUMENTS. **WinRiver II user's guide**. San Diego, Calif.: Teledyne RD Instruments, 2014. (P/N 957-6231-00). 298 p.

WAGNER, C. R.; MUELLER, D. S. **Comparison of bottom-track to global positioning system referenced discharges measured using an acoustic Doppler current profiler**. Journal of Hydrology, v. 401, p. 250-258, 2011.



