

**Projeto de Monitoramento da Paisagem  
Acústica Submarina da Bacia de  
Santos PMPAS-BS**

**3º Relatório Técnico - Novembro/2015 a dezembro/2018**

**Volume Único**

Revisão 00  
Agosto / 2019



**E&P**







## ÍNDICE GERAL

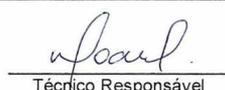
I	APRESENTAÇÃO .....	1
I.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO .....	1
I.2	PAISAGEM ACÚSTICA SUBMARINA .....	2
I.3	ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	4
II	ÁREA DE ESTUDO .....	6
II.1	REGIÃO COSTEIRA .....	7
II.2	REGIÃO OCEÂNICA.....	9
III	METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	11
III.1	MONITORAMENTO MÓVEL.....	11
III.1.1	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM PERFILADORES	11
III.1.2	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM GLIDERS	11
III.2	MONITORAMENTO FIXO .....	13
III.2.1	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS RASOS (OSs)	13
III.2.2	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS (LFIs)	14
III.3	DADOS AMBIENTAIS .....	15
III.4	DENSIDADE DE EMBARCAÇÕES.....	15
III.5	GEOREFERENCIAMENTO DOS DADOS ACÚSTICOS .....	16
III.6	SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL DOS DADOS ACÚSTICOS.....	16
IV	METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO E ARQUIVAMENTO DOS DADOS.....	17
IV.1	CONSISTÊNCIA E QUALIFICAÇÃO DOS DADOS .....	17
IV.2	SISTEMA DE INFORMAÇÕES .....	18
IV.3	CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE NAVIOS.....	19
IV.4	CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE BIOFONIA.....	20
IV.5	PROCESSAMENTO.....	21
IV.5.1	DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PROCESSADOS	21
IV.5.2	OUTROS PROCESSAMENTOS	22
IV.5.3	PERFILADORES ACÚSTICOS	23
IV.5.4	GLIDERS	24



IV.5.5	OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS	24
IV.5.6	LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS	25
IV.5.7	DADOS AMBIENTAIS	26
IV.5.8	DENSIDADE DE NAVIOS	26
IV.5.9	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS	27
IV.5.9.1	RESOLUÇÃO ESPACIAL PLANA.....	27
IV.5.9.2	RESOLUÇÃO ESPACIAL VERTICAL.....	27
IV.5.9.3	RESOLUÇÃO ESPECTRAL.....	28
IV.5.9.4	RESOLUÇÃO TEMPORAL .....	28
IV.5.9.5	DENSIDADE AMOSTRAL ESPACIAL .....	29
IV.5.9.6	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA ESPACIAL.....	30
IV.5.9.7	NÍVEL DA PRESSÃO SONORA TEMPORAL.....	31
IV.5.9.8	ESPECTROS DE 1/3 DE OITAVAS .....	32
IV.5.9.9	ESPECTROGRAMAS .....	33
IV.5.9.10	NÍVEL DE EXPOSIÇÃO SONORA – SEL24H .....	33
V	ATIVIDADES NO PERÍODO .....	35
V.1	HISTÓRICO .....	35
V.2	PRODUÇÃO DOS SERVIÇOS NO PERÍODO .....	35
V.2.1	RECEBIMENTO E PROCESSAMENTO DOS SINAIS ACÚSTICOS	35
V.2.2	SISTEMA DE INFORMAÇÃO	36
V.2.2.1	EQUIPAMENTOS MÓVEIS (PERFILADORES E GLIDERS)....	36
V.2.2.2	EQUIPAMENTOS FIXOS (OSs E LFIs) .....	40
V.2.2.3	MAPAS DE RUÍDO .....	42
V.3	RESULTADOS NO PERÍODO.....	43
V.3.1	PERFILADORES ACÚSTICOS	43
V.3.1.1	CICLOS DE COLETA.....	43
V.3.1.2	TEMPOS DE VIDA DOS PERFILADORES.....	46
V.3.1.3	TRAJETÓRIA DOS PERFILADORES.....	47
V.3.1.4	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS .....	48
V.3.2	GLIDERS	49
V.3.2.1	CICLOS DE COLETA.....	49
V.3.2.2	TRAJETÓRIAS DOS GLIDERS .....	50
V.3.2.3	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS .....	51



Coordenador da Equipe

  
Técnico Responsável3º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2019

V.3.3	OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS	53
V.3.3.1	CICLOS DE COLETA .....	53
V.3.3.2	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS.....	56
V.3.4	LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS	58
V.3.4.1	CICLOS DE COLETA .....	58
V.3.4.2	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS.....	58
V.4	ANÁLISES PRELIMINARES NO PERÍODO.....	61
V.4.1	ANÁLISES TEMPORAIS	61
V.4.1.1	AVALIAÇÃO DOS SINAIS GRAVADOS PELOS OSs .....	61
V.4.1.2	EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (OSs).....	63
V.4.1.3	DETECÇÃO DE NAVIOS NOS OSs.....	79
V.4.1.4	DETECÇÃO DE BIOFONIA NOS GLIDERS.....	81
V.4.1.5	EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (LFIs).....	83
V.4.2	ANÁLISES ESPACIAIS	101
V.4.2.1	DENSIDADE AMOSTRAL DOS PERFILADORES .....	101
V.4.2.2	OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS PERFILADORES.....	101
V.4.2.3	DENSIDADE AMOSTRAL DOS GLIDERS .....	106
V.4.2.4	OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS GLIDERS.....	107
V.4.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	112
V.4.3.1	DISTRIBUIÇÃO DAS MEDIÇÕES DE SPL <sub>50p</sub> DE PERFILADORES E GLIDERS .....	112
V.4.3.2	CORRELAÇÃO DE MEDIÇÕES DE PERFILADORES E DADOS AMBIENTAIS E DE TRÁFEGO DE NAVIOS .....	114
V.4.4	OUTRAS ANÁLISES	116
V.4.4.1	PERÍODOS DOS CICLOS DE COLETA DOS PERFILADORES .....	116
V.4.4.2	AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CORRENTES MARINHAS NAS MEDIÇÕES DAS LFIs .....	120
V.4.4.3	INVESTIGAÇÃO SOBRE SINAIS OBTIDOS NAS LFIs.....	127
V.4.4.4	QUALIFICAÇÃO DOS DADOS DAS LFIs.....	129
VI	SISTEMA DE MODELAGEM ACÚSTICA SUBMARINA - SIMAS .....	137
VI.1	DESCRIÇÃO .....	137



VI.1.1	FONTES ACÚSTICAS	138
VI.1.2	ESPECTROS SONOROS	139
VI.1.3	PARÂMETROS AMBIENTAIS	140
VI.1.4	CÁLCULO DOS MODOS NORMAIS	142
VI.1.5	CÁLCULO DO CAMPO ACÚSTICO	144
VI.2	RESULTADOS OBTIDOS .....	147
VI.2.1	VALIDAÇÃO DO MODELO	149
VI.2.2	INDICADORES ESTATÍSTICOS	158
VII	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	164
VII.1	PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DO PERÍODO .....	164
VII.2	MONITORAMENTO MÓVEL .....	165
VII.3	OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS .....	165
VII.4	LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS .....	166
VII.5	BIOFONIA .....	168
VII.6	MODELAGEM DA PROPAGAÇÃO ACÚSTICA .....	168
VII.7	DESEMPENHO DOS EQUIPAMENTOS EM RELAÇÃO AOS RESULTADOS OBTIDOS .....	169
VII.8	PERSPECTIVAS FUTURAS .....	174
VIII	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	176
APÊNDICE A	EQUIPE TÉCNICA .....	180
A.1	PETROBRAS .....	180
A.2	INSTITUTO DE PESQUISAS DA MARINHA (IPqM) .....	181
APÊNDICE B	PERFILADOR ACÚSTICO (PABLO) .....	182
B.1	PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO .....	182
B.2	AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS .....	183
B.3	PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO .....	183
B.4	DADOS COMPLEMENTARES .....	184
APÊNDICE C	GLIDER .....	185
C.1	PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO .....	185
C.2	AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS .....	186
C.3	PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO .....	187
C.4	DADOS COMPLEMENTARES .....	187



APÊNDICE D	OBSERVATÓRIO SUBMARINO (OS).....	189
D.1	DESCRIÇÃO DO OCEANPOD .....	189
D.2	DESCRIÇÃO DO SAASS_MK1.....	190
D.3	DESCRIÇÃO DO SAASS_MK2 e MK2.1 .....	191
APÊNDICE E	LINHA DE FUNDEIO INSTRUMENTADA (LFI).....	192
E.1	DESCRIÇÃO DO AMAR-G3.....	192
APÊNDICE F	PROCESSAMENTO DE DADOS ACÚSTICOS .....	194
F.1	EQUALIZAÇÃO DOS SINAIS.....	194
F.2	PARÂMETROS ACÚSTICOS.....	194
F.2.1	NÍVEL DE EXPOSIÇÃO SONORA – SEL .....	196
F.2.1.1	Perfiladores PABLO .....	198
F.2.1.2	Observatórios Submarinos .....	199
F.2.1.3	Gliders .....	199
F.2.1.4	Linhas de Fundeio Instrumentadas .....	199
F.2.2	PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DO SEL <sub>CUM24h</sub> .....	199
F.3	QUALIFICAÇÃO DOS SINAIS .....	200
F.4	DETECÇÃO DE EVENTOS.....	206
F.4.1	RUÍDO PRÓPRIO - GLIDER .....	206
F.4.2	RUÍDO DE FLUXO - GLIDER.....	208
F.4.3	RUÍDO DE FLUXO – LFIs .....	209
F.4.4	DETECÇÃO DA PASSAGEM DE EMBARCAÇÕES .....	209
F.4.4.1	PROCESSAMENTO DO RUÍDO IRRADIADO .....	211
F.4.5	DETECÇÃO DE VOCALIZAÇÃO DE ANIMAIS MARINHOS.....	212



## FIGURAS

Figura I.2-1: O conceito de Paisagem Acústica Submarina (Fonte: Adaptada de CAMPBELL, 2018).....	3
Figura II-1: Região da Bacia de Santos, mostrando a Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS, linha vermelha) e a localização das unidades de produção da Petrobras (círculos vermelhos). São apresentadas, também, as posições das Linhas de Fundeio Instrumentadas (círculos em verde).....	6
Figura II.1-1: Observatório Submarino na Baía da Guanabara (OS1).....	7
Figura II.1-2: Observatório Submarino na Baía da Ilha Grande (OS2).....	8
Figura II.1-3: Observatório Submarino no Canal do Porto de São Sebastião (OS3).....	8
Figura II.2-1: Regiões de Interesse e posições de embarcações e unidades marítimas a serviço da Petrobras (janela superior) e de terceiros (janela inferior).....	10
Figura IV.3-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.....	19
Figura IV.3-2: Espectros obtidos antes e durante a passagem do navio.....	20
Figura IV.5.3-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, transmitido por um perfilador, em 26/01/2017, para a profundidade de 183 m.....	23
Figura IV.5.4-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado por um glider em 14/11/2017, para a profundidade de 592 m.....	24
Figura IV.5.5-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em um OS em 17/07/2017, para a profundidade de 24 m.....	25
Figura IV.5.6-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em uma LFI em 26/11/2017, para a profundidade de 200m.....	26
Figura IV.5.9.5-1: Exemplo da distribuição espacial da Densidade Amostral para as profundidades entre 0 e 100 m.....	30
Figura IV.5.9.6-1: Exemplo da distribuição espacial de SPL para as profundidades entre 0 e 100 m.....	31
Figura IV.5.9.7-1: Exemplo de apresentação do SPL em função do tempo, com resolução temporal de um minuto.....	32
Figura IV.5.9.8-1: Exemplo de espectro de 1/3 de oitava médio e nos percentis de 5%, 50% e 95% do ruído gravado em um OS.....	32
Figura IV.5.9.9-1: Exemplo de um espectrograma correspondente a doze minutos de gravação em um trecho em que se pode observar a passagem de duas embarcações....	33
Figura V.2.2.1-1: Trajetória dos PABLOs e gliders até dezembro de 2018 - últimos 50 pontos... 38	
Figura V.2.2.1-2: Espectros gravados (média e percentis de 5%, 50% e 95%) para o glider SG612 na campanha 9.....	38
Figura V.2.2.1-3: Mapa de energia para o parâmetro acústico $SPL_{125Hz}$ e profundidade de 100 m.....	39
Figura V.2.2.1-4: Espectros de 1/3 de oitava nas bandas de 10 Hz até o limite possível no percentil de 50%.....	39
Figura V.2.2.2-1: Localização dos OSs e das LFIs.....	40



Figura V.2.2.2-2: OS-2 (Baía de Ilha Grande) - Gráficos de $SPL_{pico-a-pico}$ , $SPL_{50p}$ , $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $eSPL_{1000Hz}$ ao longo do período de coleta de dados; e gráfico apresentando o $SPL_{125Hz}$ de acordo com a data e hora do dia.....	41
Figura V.2.2.2-3: FA-05 – Para instrumento localizado a 200 m de profundidade, gráficos de $SPL_{pico-a-pico}$ , $SPL_{50p}$ , $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $eSPL_{1000Hz}$ ao longo do período de coleta de dados; e gráfico apresentando o $SPL_{125Hz}$ de acordo com a data e hora do dia.....	41
Figura V.2.2.3-1: Mapa de ruído simulado para o mês de fevereiro de 2017, $SPL_{95p}$ , 125 Hz, com profundidade de 50 m.....	42
Figura V.3.1.1-1: Pontos das primeiras medições dos PABLOs (círculos vermelhos).....	46
Figura V.3.1.2-1: Linha de tempo dos 119 perfiladores lançados até dezembro de 2018, em oito campanhas.....	47
Figura V.3.1.3-1: Trajetórias dos 119 perfiladores lançados desde o início do projeto até o dia 31/12/2018.....	48
Figura V.3.2.2-1: Trajetórias percorridas pelos gliders lançados nos 29 primeiros ciclos. As marcas nas trajetórias correspondem a trechos onde foram feitas medições acústicas. ...	51
Figura V.3.3.2-1: Diagrama temporal indicando as gravações executadas em cada um dos lançamentos analisados neste relatório. As linhas inclinadas no gráfico correspondem a trechos onde as gravações foram realizadas de forma pulsada, com 30 minutos de gravação por 90 minutos de pausa.....	57
Figura V.4.1.1-1: Trecho de sinal com o ruído ambiente.....	62
Figura V.4.1.1-2: Exemplo de sinal de passagem de dois navios captados no OS da Baía de Guanabara.....	62
Figura V.4.1.1-3: Espectrograma de sinais durante a passagem de um navio, em dB re 1 $\mu Pa$ .....	63
Figura V.4.1.2-1: Evolução temporal do parâmetro $SPL_{50P}$ na Baía de Guanabara (OS1).....	64
Figura V.4.1.2-2: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-1 com a evolução temporal do parâmetro $SPL_{50P}$ no OS1.....	65
Figura V.4.1.2-3: $SEL_{24H}$ em dB re 1 $\mu Pa^2.s$ (gráfico superior) calculados a partir dos dados qualificados do OS1 e percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e efetivamente usadas para o cálculo.....	65
Figura V.4.1.2-4: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.....	66
Figura V.4.1.2-5: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.....	67
Figura V.4.1.2-6: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.....	68
Figura V.4.1.2-7: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.....	68
Figura V.4.1.2-8: Evolução temporal do parâmetro $SPL_{50P}$ na Baía de Ilha Grande (OS2).....	69
Figura V.4.1.2-9: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-8, com intervalo de cinco dias, mostrando a evolução do parâmetro $SPL_{50P}$ na Baía de Ilha Grande (OS2).....	69
Figura V.4.1.2-10: $SEL_{24H}$ (gráfico superior) calculados a partir dos dados qualificados do OS2 e percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e efetivamente usadas para o cálculo.....	70
Figura V.4.1.2-11: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.....	71



Figura V.4.1.2-12: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.....	72
Figura V.4.1.2-13: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.....	73
Figura V.4.1.2-14: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.....	73
Figura V.4.1.2-15: Espectrograma dos sinais gravados no OS2 durante 24 horas, no dia 21 de setembro de 2017.....	74
Figura V.4.1.2-16: Evolução temporal do parâmetro $SPL_{50p}$ no OS3.....	74
Figura V.4.1.2-17: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-16. ....	75
Figura V.4.1.2-18: $SEL_{24H}$ (gráfico superior) calculados a partir dos dados qualificados do OS3 e percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e efetivamente usadas para o cálculo.....	76
Figura V.4.1.2-19: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.....	77
Figura V.4.1.2-20: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.....	77
Figura V.4.1.2-21: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.....	78
Figura V.4.1.2-22: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.....	78
Figura V.4.1.4-1: Espectrograma de assobios e cliques associados, provavelmente à vocalização de odontocetos. ....	81
Figura V.4.1.4-2: Espectrograma de cliques e sons pulsados associados, provavelmente, à vocalização de odontocetos. ....	82
Figura V.4.1.4-3: Espectrograma de gemidos ou cantos produzidos, provavelmente, por um misticeto.....	82
Figura V.4.1.5-1: LFI-FA01 - $SPL_{50p}$ em dB re 1 $\mu Pa$ nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).....	84
Figura V.4.1.5-2: LFI-FA01 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e $SPL_{50p}$ em dB re 1 $\mu Pa$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. ....	84
Figura V.4.1.5-3: LFI-FA01 – $SEL_{24H}$ em dB re 1 $\mu Pa^2.s$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo. ....	85
Figura V.4.1.5-4: LFI-FA01 – $SEL_{24H}$ em dB re 1 $\mu Pa^2.s$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo. ....	86
Figura V.4.1.5-5: LFI-FA01 – $SEL_{24H}$ em dB re 1 $\mu Pa^2.s$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo. ....	86
Figura V.4.1.5-6: LFI-FA02 - $SPL_{50p}$ em dB re 1 $\mu Pa$ nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).....	87
Figura V.4.1.5-7: LFI-FA02 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e $SPL_{50p}$ em dB re 1 $\mu Pa$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por	



hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.....	88
Figura V.4.1.5-8: LFI-FA02–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	89
Figura V.4.1.5-9: LFI-FA02–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	89
Figura V.4.1.5-10: LFI-FA02–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	90
Figura V.4.1.5-11: LFI-FA03 - SPL <sub>50p</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}$ nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).....	91
Figura V.4.1.5-12: LFI-FA03 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e SPL <sub>50p</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.....	91
Figura V.4.1.5-13: LFI-FA03–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	92
Figura V.4.1.5-14: LFI-FA03–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	93
Figura V.4.1.5-15: LFI-FA03–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	93
Figura V.4.1.5-16: LFI-FA04 - SPL <sub>50p</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}$ nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).....	94
Figura V.4.1.5-17: LFI-FA04 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e SPL <sub>50p</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.....	95
Figura V.4.1.5-18: LFI-FA04–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	96
Figura V.4.1.5-19: LFI-FA04–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	96
Figura V.4.1.5-20: LFI-FA04–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.....	97
Figura V.4.1.5-21: LFI-FA05 - SPL <sub>50p</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}$ nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).....	98
Figura V.4.1.5-22: LFI-FA05 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e SPL <sub>50p</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.....	98



Figura V.4.1.5-23: LFI-FA05–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo. ....	99
Figura V.4.1.5-24: LFI-FA05–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo. ....	100
Figura V.4.1.5-25: LFI-FA05–SEL <sub>24H</sub> em dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo. ....	100
Figura V.4.2.1-1: Densidade amostral dos perfiladores nas faixas de profundidades entre 0 e 100m (quadro esquerdo), 150 e 300m (quadro central), 900 e 1.100m (quadro direito)..	101
Figura V.4.2.2-1: Níveis de Pressão Sonora de pico SPL <sub>pico</sub> nas 3 faixas de profundidade .....	102
Figura V.4.2.2-2: Níveis de Pressão Sonora SPL <sub>esp_50p</sub> nas 3 faixas de profundidade .....	102
Figura V.4.2.2-3: Níveis de Pressão Sonora do percentil de 50%, nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, nas 3 faixas de profundidade .....	103
Figura V.4.2.2-4: Níveis de Pressão Sonora do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas na três Regiões (região 1 em laranja, região 2 em preto e região 3 em verde).....	105
Figura V.4.2.3-1: Densidade amostral dos gliders nas faixas de profundidades entre 0 e 100 m (quadro esquerdo), 150 e 300 m (quadro central), 900 e 1.100 m (quadro direito).....	106
Figura V.4.2.4-1: Níveis de Pressão Sonora pico (SPL <sub>pico</sub> ) nas três faixas de profundidade.....	107
Figura V.4.2.4-2: Níveis de Pressão Sonora (SPL <sub>esp_50p</sub> ) nas três faixas de profundidade .....	107
Figura V.4.2.4-3: SPL <sub>63Hz</sub> (1ª linha), SPL <sub>125Hz</sub> (2ª linha), SPL <sub>500Hz</sub> (3ª linha) e SPL <sub>1000Hz</sub> (4ª linha) para 0 a 100m (1ª coluna), 150 a 300m (2ª coluna) e 900 a 1.100m (3ª coluna) ...	108
Figura V.4.2.4-4: Níveis de Pressão Sonora, para os gliders, do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas nas três regiões (região 1 em laranja, região 2 em preto e região 3 em verde). ....	111
Figura V.4.3.1-1: Histograma e distribuição normal para SPL <sub>63Hz</sub> (1ª linha), SPL <sub>125Hz</sub> (2ª linha), SPL <sub>500Hz</sub> (3ª linha) e SPL <sub>1000Hz</sub> (4ª linha) para as Regiões 1 (1ª coluna), 2 (2ª coluna) e 3 (3ª coluna) e faixa de profundidade de 0 a 100m (a), 150 a 300 m (b) e 900 a 1100 m (c).....	113
Figura V.4.3.2-1: ANOVA e TUKEY para o SPL <sub>50p</sub> nas bandas de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz para todas as faixas de profundidade juntas, onde as letras em vermelho indicam se há ou não diferença significativa entre as regiões [Obs: letras diferentes indicam diferença significativa]. ....	115
Figura V.4.4.1-1: Profundidade (m) das janelas acústicas em função da hora do dia (gráfico central) e histogramas da profundidade (gráfico da direita) e da hora do dia (gráfico inferior) nas quais as medições foram realizadas. ....	117
Figura V.4.4.1-2: Histograma do intervalo de tempo entre as janelas acústicas. ....	118
Figura V.4.4.1-3: Histograma da distância percorrida entre as posições GPS obtidas pelos perfiladores. ....	118
Figura V.4.4.1-4: Histograma do tempo gasto entre a obtenção da posição GPS e o mergulho do perfilador. ....	119
Figura V.4.4.2-1: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.....	121



Figura V.4.4.2-2: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA04, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição. ....	122
Figura V.4.4.2-3: Correlação entre $SPL_{50P}$ e a velocidade de corrente para as LFI-FA02 (em cima) e LFI-FA04 (embaixo), para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, por banda do espectro de 1/3 de oitava, usando todo o tempo disponível. ....	123
Figura V.4.4.2-4: Correlação entre $SPL_{50P}$ e a velocidade de corrente para a LFI-FA02, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias. ....	124
Figura V.4.4.2-5: Correlação entre $SPL_{50P}$ e a velocidade de corrente para a LFI-FA04, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias. ....	125
Figura V.4.4.3-1: Espectrograma de um arquivo gravado na LFIs, a 50 m de profundidade, em que ocorre a saturação da gravação por conta do elevado nível de ruído induzido pela corrente e choque de objetos na linha. ....	127
Figura V.4.4.3-2: Espectrograma de um arquivo gravado na LFIs, a 50 m de profundidade, em que não ocorre a saturação da gravação, apesar da passagem de um navio próximo ao sensor. ....	128
Figura V.4.4.3-3: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m de profundidade, em que ocorrem elevados níveis de ruído induzidos pela corrente e fricção de objetos da linha. ....	128
Figura V.4.4.3-4: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m de profundidade, em que ocorrem elevados níveis de ruído induzidos pela corrente e pela vibração da linha. ....	129
Figura V.4.4.3-5: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m, em que ocorrem ruídos decorrentes da vibração da linha e estalos de origem desconhecida. ....	129
Figura V.4.4.4-1: Coeficiente de correlação entre parâmetros $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $SPL_{1000Hz}$ e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA02 na profundidade de 50 m. ....	130
Figura V.4.4.4-2: Coeficiente de correlação entre os parâmetros $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $SPL_{1000Hz}$ e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA02 na profundidade de 200 m. ....	131
Figura V.4.4.4-3: Coeficiente de correlação entre os parâmetros $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $SPL_{1000Hz}$ e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA02 na profundidade de 950 m. ....	132
Figura V.4.4.4-4: Coeficiente de correlação entre os parâmetros $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $SPL_{1000Hz}$ e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA04 na profundidade de 50 m. ....	132
Figura V.4.4.4-5: Coeficiente de correlação entre os parâmetros $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $SPL_{1000Hz}$ e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA04 na profundidade de 200 m. ....	133
Figura V.4.4.4-6: Coeficiente de correlação entre os parâmetros $SPL_{63Hz}$ , $SPL_{125Hz}$ , $SPL_{500Hz}$ e $SPL_{1000Hz}$ e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA04 na profundidade de 950 m. ....	134
Figura VI.1.1-1: Gráfico de fontes para um Instante (em cima) e densidade de AIS do ano de 2016 (embaixo). ....	139
Figura VI.1.2-1: Níveis de uma oitava de banda de fontes sonoras para 3 petroleiros (esquerda), 3 cargueiros de escotilha aberta e a granel (superior direita) e um porta-container (inferior direita). (Fonte: MKENNA, 2012) ....	140



Figura VI.1.3-1: Representação Batimétrica da Bacia de Santos (Fonte: CPRM, 2003, pag. 96) .....	141
Figura VI.1.3-2: Curvas de ruído ambiente em águas profundas para diferentes fontes de ruído. (fonte: URICK, 1983, pag. 189).....	142
Figura VI.1.4-1: Fluxo do cálculo de modos normais com o modelo KRAKEN.....	143
Figura VI.1.4-2: Batimetria da área da Bacia de Santos (esquerda); triangulação de Delaunay obtida para cálculo de modos normais (direita).....	144
Figura VI.1.5-1: Fluxo do cálculo do nível sonoro usando o módulo FIELD3D do modelo de modos normais KRAKEN. ....	145
Figura VI.1.5-2: Discos do nível sonoro a 100 m de profundidade, em dB re 1 $\mu$ Pa, com fonte acústica a 8m de profundidade, obtidos no cenário da Bacia de Santos: 63Hz (esquerda) e 125Hz (direita).....	146
Figura VI.1.5-3: Ilustração da simulação de propagação feita pelo SIMAS para uma única fonte. ....	147
Figura VI.2-1: Posição das embarcações (a) e mapa do nível de ruído instantâneo para a banda de 1/3 de oitava da frequência de 63 Hz no dia 13/04/2016 às 18:00h a 50 m (b), 200 m (c) e 1.000 m (d) de profundidade.....	148
Figura VI.2-2: Posição das embarcações (a) e mapa do nível de ruído instantâneo para a banda de 1/3 de oitava da frequência de 125 Hz no dia 30/01/2016 às 06:00h a 50 m (b), 200 m (c) e 1.000 m (d) de profundidade.....	149
Figura VI.2.1-1: Mapa de dados medidos apresentando os dez primeiros eventos considerados para a comparação com os dados modelados. ....	150
Figura VI.2.1-2: Mapa do SPL (dB re 1 $\mu$ Pa) referente ao mês de janeiro de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 0 a 100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 50 m (direita). 151	151
Figura VI.2.1-3: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do mês de janeiro de 2016 na frequência de 63 Hz a 50 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados, respectivamente. ....	152
Figura VI.2.1-4: Mapa do SPL (dB re 1 $\mu$ Pa) referente ao mês de julho de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 0 a 100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 50 m (direita). ....	152
Figura VI.2.1-5: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do mês de julho de 2016 na frequência de 63 Hz na profundidade de 50 m. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados, respectivamente. ....	153
Figura VI.2.1-6: Mapa do SPL (dB re 1 $\mu$ Pa) referente ao ano de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 0 a 100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 50 m (direita). ....	154
Figura VI.2.1-7: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz, a 50 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados, respectivamente. ....	154
Figura VI.2.1-8: Mapa do SPL (dB re 1 $\mu$ Pa) referente ao ano de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 150 a 300 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 200 m (direita). ....	155
Figura VI.2.1-9: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz a 200 m de	

profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados.....	155
Figura VI.2.1-10: Mapa do SPL (dB re 1 $\mu$ Pa) referente ao ano de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 900 a 1.100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 1.000 m (direita).....	156
Figura VI.2.1-11: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz a 1.000 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados.....	157
Figura VI.2.2-1: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1 $\mu$ Pa] a 50 m de profundidade para a frequência de 63Hz para o mês de janeiro de 2016, predito em termos dos níveis excedidos em proporção do tempo: P05 - 95% do tempo (esquerda); P50 - 50% do tempo (centro); P95 - 5% do tempo (direita).....	158
Figura VI.2.2-2: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1 $\mu$ Pa] a 200 m de profundidade para a frequência de 63Hz, para o mês de janeiro de 2016, predito em termos dos níveis excedidos em proporção do tempo: P05 - 95% do tempo (esquerda); P50 - 50% do tempo (centro); P95 - 5% do tempo (direita).....	159
Figura VI.2.2-3: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1 $\mu$ Pa] a 1.000 m de profundidade para a frequência de 63Hz, para o mês de janeiro de 2016, predito em termos dos níveis excedidos em proporção do tempo: P05 - 95% do tempo (esquerda); P50 - 50% do tempo (centro); P95 - 5% do tempo (direita).....	159
Figura VI.2.2-4: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1 $\mu$ Pa] na profundidade de 50 m para a frequência de 63 Hz para as estações do ano de 2016 - verão, outono, inverno e primavera predito em termos da média.....	160
Figura VI.2.2-5: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1 $\mu$ Pa] a profundidade de 200 m para a frequência de 63 Hz predito para as estações do ano de 2016 - verão, outono, inverno e primavera predito em termos da média.....	161
Figura VI.2.2-6: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1 $\mu$ Pa] a profundidade de 1.000 m para a frequência de 63 Hz para as estações do ano de 2016 - verão, outono, inverno e primavera predito em termos da média.....	162
Figura VI.2.2-7: SPL em dB re 1 $\mu$ Pa predito em termos de excedência de nível em proporção do tempo para cinco posições selecionadas ao longo da área de estudo: indicação das posições selecionadas codificadas com cores (superior esquerdo); proporção do tempo para o qual um determinado nível é superado.....	163
Figura VII.7-1: Níveis de Pressão Sonora $SPL_{esp,50p}$ nas 3 faixas de profundidade medidos pelos perfiladores PABLO no período 2015 a 2016 (reproduzido do 1º Relatório Técnico do PMPAS, 2017).....	172
Figura VII.7-2: Níveis de Pressão Sonora $SPL_{esp,50p}$ nas 3 faixas de profundidade medidos pelos perfiladores PABLO no período 2015 a 2017 (reproduzido do 2º Relatório Técnico do PMPAS, 2018).....	172
Figura VII.7-3: Níveis de Pressão Sonora $SPL_{esp,50p}$ nas 3 faixas de profundidade medidos pelos perfiladores PABLO no período de 2015 a 2018.....	172
Figura B.1-1: Representação de um ciclo de mergulho de um perfilador PABLO (Fonte: ProOceano).....	182
Figura B.3-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOS para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).....	183
Figura C.1-1: Representação esquemática dos mecanismos de controle de flutuabilidade, arfagem e rolagem do Seaglider. Retirado de Rochinha (2015). (Fonte: ProOceano).....	185
Figura C.2-1: Diagrama esquemático apresentando as etapas de um mergulho do glider. (Fonte: ProOceano).....	187



Figura D.1-1: OceanPod (à esquerda) e ADCP (à direita) instalados na poita de um observatório submarino. ....	190
Figura E.1-1: Gravador acústico AMAR-G3, mostrando seus conectores e plugs. (Fonte: JASCO).....	193
Figura F.2-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOs para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).....	195
Figura F.2-2: Divisão do sinal de áudio para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais dos gliders, OSs e LFIs. ....	195
Figura F.2.1-1: SEL <sub>24H</sub> para gravações feitas por um período de um ano no Chukchi Sea, Alaska [FROUIN-MOUY et al, 2016].As legendas na escala horizontal representam o mês e o dia do mês.....	198
Figura F.3-1: Histogramas para as diferenças, em dB, entre os parâmetros SPL <sub>xxx</sub> e o parâmetro SPL <sub>esp_50p</sub> .....	202
Figura F.3-2: Histogramas dos parâmetros SPL <sub>Norm_xxx</sub> . O histograma para o parâmetro SPL <sub>Norm_esp_5p</sub> foi invertido para acompanhar o comportamento dos outros parâmetros. .	204
Figura F.3-3: Distribuição acumulada dos parâmetros SPL <sub>Norm_xxx</sub> . A escala horizontal representa, para cada parâmetro SPL <sub>Diff_xxx</sub> , o número de desvios MAD <sub>Diff_xxx</sub> em torno da sua mediana <sub>Diff_xxx</sub> .....	205
Figura F.4.1-1: Espectrograma dos ruídos próprios produzidos pelo glider. Os pulsos retangulares menores são relativos aos motores de atitude do glider e o pulso no final, de maior amplitude e duração, é relativo à bomba hidráulica. (Fonte: ProOceano).....	207
Figura F.4.1-2: Recorte de uma seção da tabela de resultados do programa de classificação de ruídos. (Fonte: ProOceano).....	207
Figura F.4.2-1: Histograma da velocidade vertical do glider no teste de ruído de fluxo. As linhas verticais vermelhas delimitam as velocidades menores que 134 cm/s (-0,13 m/s < v < 0,13 m/s).....	209
Figura F.4.4-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.....	210
Figura F.4.4-2: Espectros do ruído recebido por um OS antes e durante a passagem de uma embarcação. ....	211



## TABELAS

Tabela III.2.2-1: Profundidade local das linhas de fundeio instrumentadas. ....	14
Tabela IV.5.9.3-1: Frequência central das bandas dos filtros de 1/3 de oitava, em Hz, em função do número da banda. ....	28
Tabela V.3.1.1-1: Dados dos perfiladores lançados até o final de 2018. ....	43
Tabela V.3.1.4-1: Janelas acústicas gravadas por faixa de profundidade. ....	48
Tabela V.3.2.1-1: Dados operacionais de cada ciclo do glider. ....	50
Tabela V.3.2.3-1: Informações dos dados acústicos coletados por ciclo. ....	52
Tabela V.3.3.1-1: Dados dos arquivos gravados nas campanhas. ....	54
Tabela V.3.4.1-1: Posições das Linhas de Fundeio Instrumentadas. ....	58
Tabela V.3.4.2-1: Dados Operacionais das linhas recuperadas nos dois primeiros ciclos das LFI's. ....	59
Tabela V.4.1.3-1: Número de embarcações detectadas em cada lançamento. ....	79
Tabela V.4.2.2-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade. ....	104
Tabela V.4.2.2-2: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse. ....	106
Tabela V.4.2.4-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade. ....	109
Tabela V.4.2.4-2: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse. ....	111
Tabela V.4.3.2-1: Correlações para o período de junho de 2016 a maio de 2017 (todos os resultados atenderam o nível de significância de 5%, p-value<0,05). ....	114
Tabela V.4.4.4-1: Limiar de corrente para correlação de 10% e percentual dos dados que estão abaixo deste limiar. ....	135
Tabela VII.7-1: Percentual de gravações acústicas qualificadas realizadas dentro da AGBS por diferentes equipamentos de coleta. ....	170
Tabela VII.7-2: Estimativa do número de medições acústicas de perfiladores necessárias para obtenção de parâmetros acústicos estatisticamente significativos com intervalo de confiança de 95% e diferentes níveis de confiança. ....	173
Tabela VII.7-3: Embarcações detectadas nos Observatórios Submarinos. ....	174
Tabela F.3-1: Valores da média, mediana, desvio padrão e desvio absoluto mediano (MAD) para as diferenças $SPL_{Dif\_xxx}$ , em dB. ....	203
Tabela F.4.5-1: Parâmetros dos detectores usados para a pesquisa por sinais biológicos. ....	213





## I APRESENTAÇÃO

### I.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina na Bacia de Santos (PMPAS-BS) foi elaborado e proposto para atender às solicitações do Termo de Referência 002/2013, emitido pela CGPEG/DILIC/IBAMA, no âmbito do processo de licenciamento ambiental dos Projetos de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2. O projeto tem como objetivo a caracterização da paisagem acústica submarina e o monitoramento do nível de ruído submarino na região do Polo Pré-Sal na Bacia de Santos e nas rotas de navegação preferenciais que servem a região. O propósito é realizar medições pioneiras da paisagem acústica nesta extensa bacia e avaliar ruídos acústicos de origem antropogênica que possam ter suas fontes relacionadas com o incremento das atividades de produção na região. Como uma de suas possíveis aplicações, estas medições poderão também subsidiar estudos e pesquisas de impactos sobre a biota marinha.

Nesse sentido, o escopo de levantamento de dados do PMPAS-BS compreende:

- **Monitoramento Móvel:** realizado através de equipamento de navegação autônoma do tipo *glider* e perfiladores acústicos de livre deriva;
- **Monitoramento Fixo Costeiro:** realizado através de observatórios submarinos rasos instalados em regiões costeiras da Bacia de Santos;
- **Monitoramento Fixo Oceânico:** realizado com a instalação de linhas de fundeio instrumentadas próximas a unidades de produção e rotas de navegação.

O PMPAS-BS tem uma magnitude de medições acústicas oceânicas que é pioneira na América Latina e sem nenhum similar no mundo, pois é feito o monitoramento de uma enorme área (36.000 km<sup>2</sup>) por meio de diversos



equipamentos com distintos métodos e sensores de aquisição acústica. Um grande desafio do projeto é garantir a qualidade e a intercambiabilidade dos dados medidos pelos diversos equipamentos, para que possam ser realizados estudos abrangentes com a integração dos resultados dos dados medidos pelos diferentes componentes (monitoramento móvel, fixo oceânico e fixo costeiro).

## **1.2 PAISAGEM ACÚSTICA SUBMARINA**

Nas últimas décadas, os estudos na área de Acústica Submarina têm crescido significativamente e se tornado mais difundidos, porém essa área tem sido investigada desde o século XV. Em 1490, o cientista Leonardo Da Vinci, relatou em suas anotações o que seria o primeiro método de escuta submarina passiva (URICK, 1983). Três séculos após Da Vinci, os cientistas Jean-Daniel Colladon e Charles-François Sturm realizaram a primeira tentativa registrada para determinar a velocidade do som na água. Como sugerido por Da Vinci, eles utilizaram um tubo para ouvir o som debaixo de água e estimar a velocidade do som de um sino submerso naquele meio (MEDWIN, 1998). No entanto, o início mais efetivo de pesquisas nessa área ocorreu no Século XX, período marcado pelo naufrágio do navio Titanic, duas guerras mundiais e a invenção do computador. Assim, devido às necessidades relacionadas à segurança e o aumento da capacidade de cálculos matemáticos complexos, as pesquisas e desenvolvimento em Acústica Submarina ganharam força e começaram a ser incentivadas. As principais áreas estudadas foram Navegação Sonar e Localização de Fontes, dentre outras.

Estudos sobre paisagem acústica começaram a surgir no final da década de 60 com o trabalho de Southworth (1969), que foi um dos primeiros a utilizar o termo paisagem acústica. O autor abordou a percepção das pessoas em relação aos sons produzidos no ambiente urbano e as atividades que ocorrem dentro das cidades.

Mais tarde, a criação do *World Soundscape Project* (WSP), liderado por Raymond Murray Schafer, da Simon Fraser University, no Canadá, surgiu como uma tentativa de chamar a atenção para o aumento da poluição sonora em



Vancouver. Como resultado de estudos feitos pelo WSP, Schafer (1977) reconheceu que os sons são propriedades ecológicas da paisagem, afirmando que as características acústicas de uma área podem refletir seus processos naturais.

Dez anos depois, Krause (1987) dirigiu seu olhar para a descrição da complexa combinação dos sons biológicos com os outros sons do ambiente, introduzindo o termo biofonia, para retratar os sons oriundos de organismos e geofonia, para os sons de origem não biológica. Pijanowski *et al.* (2011) introduziram o termo antropofonia, referindo-se aos sons de origem antropogênica. Desta forma, o termo paisagem acústica (Figura I.2-1) tem sido utilizado para descrever a relação entre determinada paisagem e sua composição sonora, incluindo a biofonia, geofonia e antropofonia (PIJANOWSKI *et al.*, 2011).

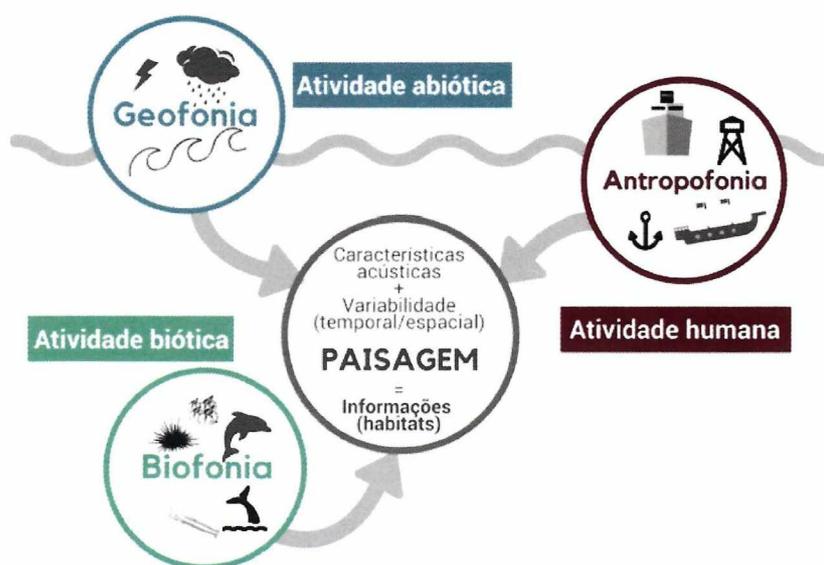


Figura I.2-1: O conceito de Paisagem Acústica Submarina  
(Fonte: Adaptada de CAMPBELL, 2018).

### **I.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO**

No Capítulo I, o PMPAS-BS é apresentado de forma sucinta, evidenciando seu contexto, objetivos e principais desafios. Além disso, é apresentado um breve histórico sobre o conceito de Paisagem Acústica Submarina.

No Capítulo II (Área de estudo) é feita uma descrição da área de estudo com foco nas regiões em que são realizados os monitoramentos fixo e móvel.

No Capítulo III (Metodologia de Aquisição de Dados), são apresentados os métodos de coleta adotados no monitoramento acústico deste projeto. Os princípios de operação dos equipamentos utilizados (perfiladores, *gliders*, Observatórios Submarinos - OS e os instalados em Linhas de Fundeio Instrumentadas - LFI) e as metodologias adotadas para os levantamentos são descritos. Mais detalhes sobre cada equipamento são apresentados em Apêndices.

No Capítulo IV (Metodologia de Processamento e Arquivamento dos Dados), são apresentados: a descrição do Sistema de Informações adotado, que está sendo construído para o processamento e arquivamento dos dados acústicos; a metodologia da qualificação, processamento e arquivamento dos dados; a descrição dos critérios para a seleção dos parâmetros a serem acompanhados; os critérios adotados para a detecção de biofonias e de embarcações; a descrição de algumas das formas de apresentação de resultados sendo adotadas e as particularidades de processamento de cada um dos equipamentos. Mais detalhes sobre o processamento e a apresentação são apresentados em Apêndices.

O Capítulo V (Atividades no Período) descreve as atividades realizadas no período de cobertura do Relatório, incluindo a situação do desenvolvimento do sistema de processamento e arquivamento; a descrição dos ciclos de coleta e as medições acústicas realizadas no período, para cada equipamento, e seu processamento. Este capítulo também apresenta os resultados de análises temporal, espacial, estatística e outras, realizadas sobre os dados coletados no período, de acompanhamento de parâmetros ou de investigação de eventos.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

O Capítulo VI (Sistema de Modelagem Acústica Submarina) relata a situação do Sistema de Modelagem Acústica Submarina e os resultados obtidos até o momento.

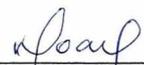
O Capítulo VII (Considerações Finais) resume as principais informações observadas neste relatório, assim como perspectivas futuras. O Capítulo VIII traz as referências bibliográficas.

Por fim, são apresentados seis apêndices que descrevem, com mais detalhes, a equipe técnica, os equipamentos de coleta, o processamento dos dados acústicos coletados e dos dados complementares.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## II ÁREA DE ESTUDO

Situada na região sudeste brasileira, entre os paralelos 23° (Alto de Cabo Frio) e 28° (Plataforma de Florianópolis) Sul, a Bacia de Santos é a maior bacia sedimentar *offshore* do país. Ela ocupa cerca de 350.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3.000 m e abrange os litorais dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Moreira, 2007). A Figura II-1 apresenta a região da Bacia de Santos, mostrando a Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS), que é a área de interesse para os estudos aqui apresentados, e a localização das unidades de produção da Petrobras.

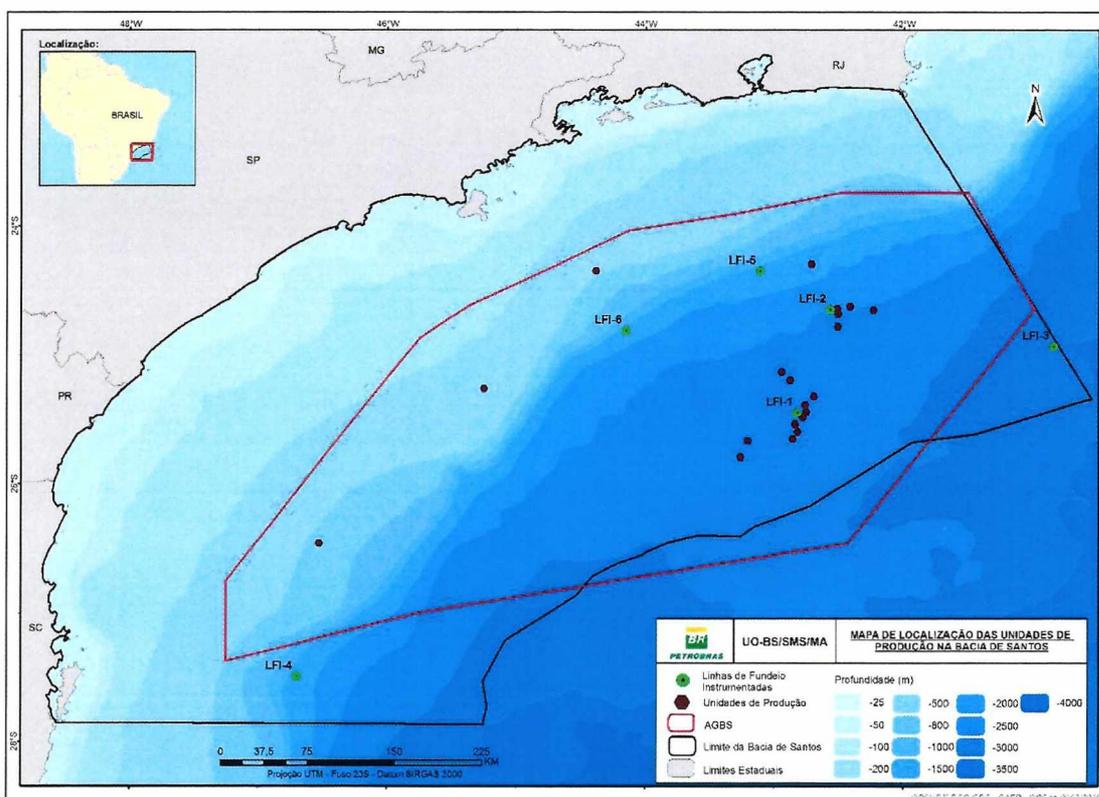


Figura II-1: Região da Bacia de Santos, mostrando a Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS, linha vermelha) e a localização das unidades de produção da Petrobras (círculos vermelhos). São apresentadas, também, as posições das Linhas de Fundeio Instrumentadas (círculos em verde).

## II.1 REGIÃO COSTEIRA

Na região costeira, foram instalados os observatórios submarinos (OS), posicionados nas entradas de três regiões com alto tráfego de navios, tanto da Petrobras como de terceiros. Um dos objetivos das gravações é obter os níveis de ruído irradiado por estes navios, de forma a permitir o uso destes níveis como entrada do modelo de cálculo de um mapa geográfico dos níveis de ruído acústico na área da Bacia de Santos. Os pontos selecionados foram a entrada da Baía de Guanabara (OS1), a Baía de Ilha Grande (OS2) e o Canal do Porto de São Sebastião (OS3). As Figuras II.1-1, II.1-2 e II.1-3 mostram mapas das posições dos Observatórios Submarinos.



Figura II.1-1: Observatório Submarino na Baía da Guanabara (OS1).

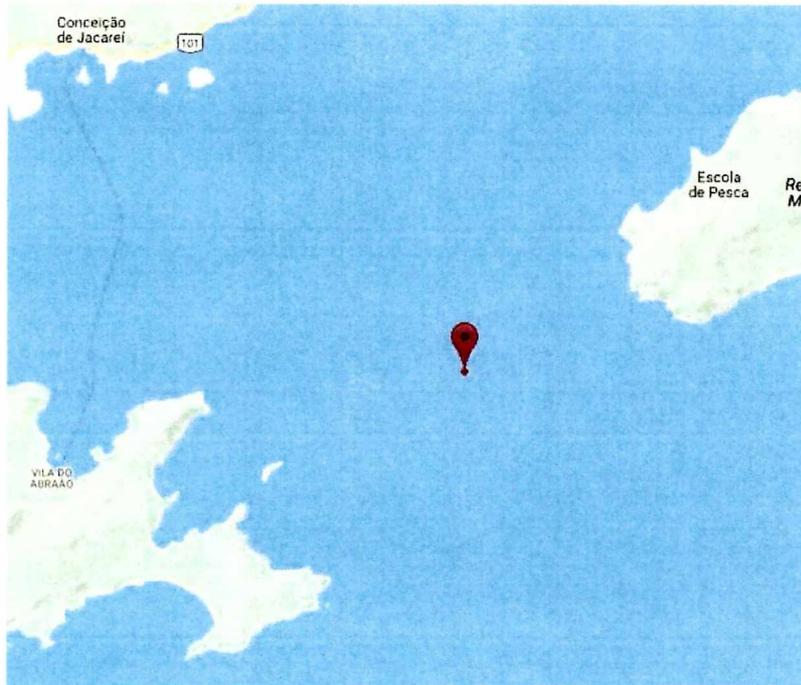


Figura II.1-2: Observatório Submarino na Baía da Ilha Grande (OS2).

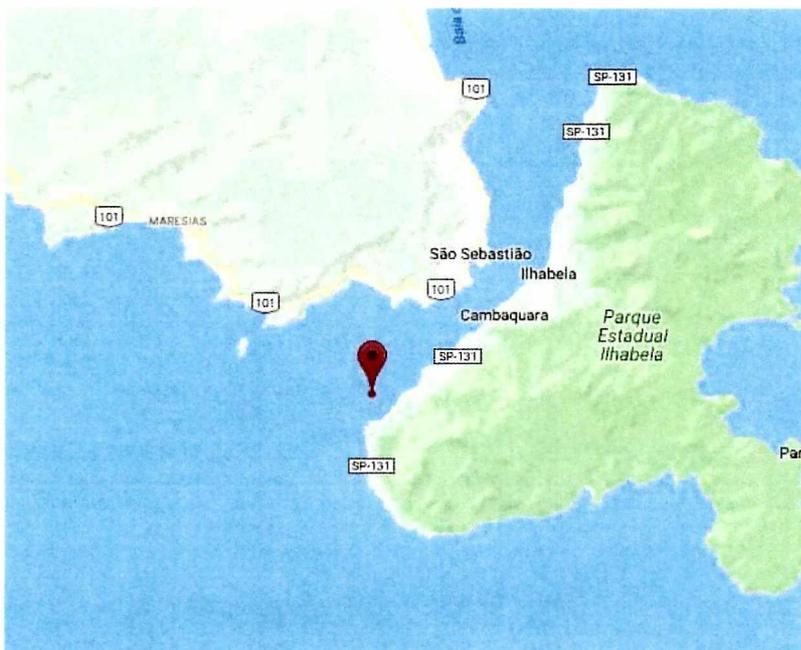


Figura II.1-3: Observatório Submarino no Canal do Porto de São Sebastião (OS3).

## II.2 REGIÃO OCEÂNICA

Na região oceânica, foram instaladas Linhas de Fundeio Instrumentadas (LFI) em posições fixas e usados *gliders* e perfiladores acústicos se deslocando nesta região com a finalidade de permitir a caracterização do ruído acústico ao longo do tempo e do espaço. A Figura II-1 mostra a localização das LFIs dentro da região oceânica da Bacia de Santos.

Dentro desta região oceânica, foram selecionadas três regiões, de aproximadamente 12.000 km<sup>2</sup> (quadrado de 1° de latitude por 1° de longitude) cada, com o objetivo de caracterizar situações distintas de exposição a fontes de ruído antropogênico:

- **Região 1 – Atividade de E&P**, caracterizada por forte atividade de Exploração & Produção (E&P), localizada no centro da região Pré-Sal da Bacia de Santos, compreendida nos limites geográficos de longitudes 42.5° W até 43.5° W e latitudes 25° S até 26° S;
- **Região 2 – Rota de Navegação**, caracterizada por intensa rota de navegação da Baía de Guanabara para o Pré-Sal, tanto de embarcações da PETROBRAS como de terceiros, compreendida nos limites geográficos de longitudes 42° W até 43° W e latitudes 23.55° S até 24.55° S. Esta região não possui plataformas com atividade de produção;
- **Região 3 – Área com pouca atividade**, localizada fora das áreas de atividade de E&P e navegação da PETROBRAS, mas ainda em rota de terceiros como navios mercantes, compreendida nos limites geográficos de longitudes 43.88° W até 44.88° W e latitudes 25.62° S até 26.62° S.

A Figura II.2-1 mostra estas três regiões de interesse e as posições horárias de navios (hora cheia +/- 10 min) obtidas por *Automatic Identification System (AIS)* para o período de dezembro de 2015 a dezembro de 2016. As posições estão representadas por pontos amarelos. A figura superior mostra as embarcações a serviço da Petrobras e a figura inferior mostra as embarcações de terceiros.



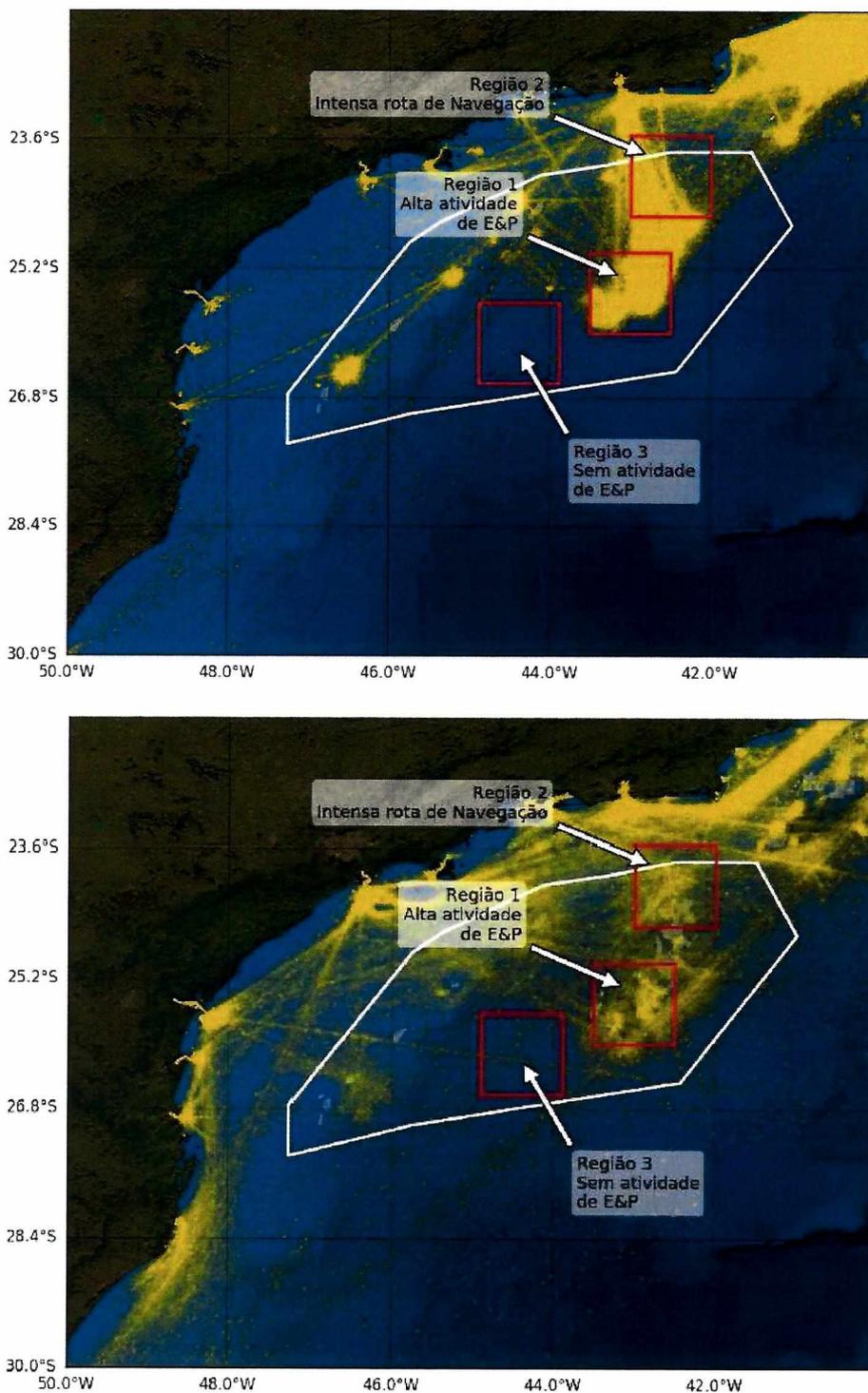


Figura II.2-1: Regiões de Interesse e posições de embarcações e unidades marítimas a serviço da Petrobras (janela superior) e de terceiros (janela inferior).

### III METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

#### III.1 MONITORAMENTO MÓVEL

##### III.1.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM PERFILADORES

O equipamento utilizado foi o **PABLO** (do inglês, *Profiling Acoustic Buoyant Lagrangian Observing*), que é um derivador lagrangiano oceânico descartável concebido para adquirir dados acústicos em perfis de até 1.000 m de profundidade, através de controle de sua flutuabilidade e derivando com as correntes. Sua operação consiste em ciclos de descida, deriva submersa na profundidade de estacionamento, subida realizando janelas acústicas programadas e transmissão de dados via satélite de comunicação Iridium, a cada emergência. No Apêndice B, o perfilador PABLO é apresentado com mais detalhes técnicos.

Para cada janela acústica realizada nas profundidades programadas, o sistema de aquisição presente no perfilador obtém um minuto de gravação. O próprio equipamento processa as séries temporais das janelas acústicas e gera os parâmetros acústicos e espectros que são enviados por satélite a cada emergência. Os dados recebidos de cada perfilador são armazenados em um arquivo com formato NetCDF. Os dados destes arquivos são analisados para se obter informações da operação do equipamento, incluindo seu tempo de vida e tempos entre janelas acústicas medidas. Os parâmetros acústicos passam por um processo de qualificação e os dados qualificados são disponibilizados em um sistema de informação, disponível para consulta. Esse processamento é descrito com mais detalhes no Apêndice F.

##### III.1.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM GLIDERS

Os *gliders* são veículos submersíveis autônomos – **VSA (AUV – Autonomous Underwater Vehicles)**, controlados remotamente por satélite, sendo capazes de mergulhar a profundidades de até 1.000 metros e de seguir rotas programadas pelo usuário. São utilizados *Seaglid*ers, que permitem a coleta



contínua de dados oceanográficos de temperatura, condutividade e profundidade, usando um sensor de CTD (do inglês, *Conductivity, Temperature, Depth*), e sua transmissão ocorre quando o *glider* retorna à superfície. Os *Seagliders* também podem conduzir equipamento para monitoramento acústico passivo (PAM, do inglês *Passive Acoustic Monitoring*), que é programado para adquirir os dados acústicos recebidos por hidrofone e sistema de aquisição, operando de forma contínua. O PAM permanece ligado durante todo o período de descida e encerra sua gravação ao fim da descida (o PAM permanece desligado durante a subida do equipamento). Ao atingir a superfície, o *glider* transmite via satélite as informações de navegação do mergulho e os dados do CTD.

Ao final da missão, associada à capacidade das baterias e memória, uma embarcação vai ao encontro do *glider* em seu ponto de emersão e realiza a sua recuperação. Os arquivos de áudio são armazenados internamente com duração de até 500 horas por campanha e só são disponíveis com a recuperação do *glider*. No Apêndice C, o *glider Seaglider* é apresentado com mais detalhes técnicos.

Nos *gliders*, é realizada a gravação quase contínua de sinais acústicos. Os sinais gravados são processados pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) para a obtenção de parâmetros acústicos a cada minuto de sinal. Para cada um destes minutos, os parâmetros acústicos passam por um processo de qualificação, antes de serem inseridos no sistema de informações. Na primeira etapa de qualificação, são identificados e separados os trechos contaminados pelo ruído do próprio veículo, quando da atuação de bombas e motores internos, atuação esta que é detectada por um aplicativo do fabricante do equipamento. Ainda nesta etapa, são separados, também, os trechos onde o ruído de fluxo devido ao movimento do *glider* possa ter afetado o sinal gravado.

O processamento dos sinais acústicos dos *gliders* é feito seguindo procedimentos semelhantes aos realizados pelos perfiladores em seu processamento interno dos sinais acústicos coletados. Maiores informações sobre este processamento e os parâmetros calculados podem ser descritos no Apêndice F.



## **III.2 MONITORAMENTO FIXO**

### **III.2.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS RASOS (OSs)**

Os Observatórios Submarinos (OSs) são sistemas de gravação de sinais acústicos instalados junto ao fundo em regiões costeiras na Bacia de Santos, operados pelo Instituto de Pesquisas da Marinha. O objetivo dos OSs é, principalmente, a obtenção do ruído de embarcações, para uso no Sistema de Modelagem Acústica desenvolvido para o PMPAS-BS.

Nos OSs são instalados gravadores autônomos programados para gravar o sinal acústico no meio de forma contínua. Estes gravadores são equipados com hidrofones, pré-amplificadores e processadores que recebem e armazenam o ruído acústico produzido pelo meio e por outras fontes de ruído presentes, como embarcações e animais marinhos. Diferentes equipamentos foram usados para a aquisição do sinal acústico nos OSs. A descrição de cada um deles é feita no Apêndice D.

Os equipamentos são programados para gravação contínua ou pulsada dos sinais acústicos. A sua recuperação ou troca é realizada por mergulhadores, em intervalos da ordem de 45 dias.

O processamento dos sinais acústicos gravados nos OSs é realizado para a obtenção de parâmetros acústicos, que são usados para a descrição do ruído ambiente e das emissões acústicas de embarcações nas regiões onde os OSs estão instalados. No processamento dos sinais, são obtidos parâmetros acústicos para cada minuto de gravação. Nos trechos onde seja detectada a passagem de uma embarcação, são obtidos os níveis devido a ela e é feita uma correlação do tempo da detecção com informações do sistema AIS, numa tentativa de identificar a embarcação. O Apêndice F apresenta este processamento com detalhes.



### III.2.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS (LFIs)

As Linhas de Fundeio Instrumentadas (LFIs) consistem de uma linha, presa por um liberador acústico a uma poita e terminando em uma boia submersa de flutuação, a cerca de 50 m de profundidade.

Nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, estão instalados equipamentos de monitoração acústica capazes de realizar gravações no modo pulsado, sendo programados para a gravação de 85 segundos de sinal a cada 10 minutos. As profundidades locais das linhas são apresentadas na Tabela III.2.2-1. O período pretendido de recuperação das linhas é da ordem de seis meses. O equipamento usado para a gravação dos sinais acústicos é o gravador autônomo AMAR-G3, da JASCO. Mais detalhes sobre este equipamento são apresentados no Apêndice E.

Tabela III.2.2-1: Profundidade local das linhas de fundeio instrumentadas.

Linha de Fundeio	Profundidade Local (m)
FA-01	2.200
FA-02	2.000
FA-03	2.850
FA-04	1.100
FA-05	1.100
FA-06	1.100

Ao término do período de aquisição, uma embarcação próxima emite um sinal acústico de liberação e o liberador acústico solta a linha da poita. Sua extremidade superior emerge, permitindo a sua recuperação para troca de equipamentos, de baterias e recuperação dos dados.

O posicionamento das linhas é definido pela Petrobras, sendo procurado atender o critério de monitorar regiões com atividades de produção (FA-01), em desenvolvimento da produção (FA-02), sem atividades de E&P (FA-03 e FA-04) e com tráfego marítimo para E&P (FA-05 e FA-06).

Os parâmetros espectrais obtidos para os dados acústicos gravados nas LFIs são usados para descrever a paisagem acústica na posição onde elas



estão instaladas, permitindo acompanhar a evolução do ruído ambiente em diferentes condições de atividade antrópica.

Para garantir a qualidade dos dados obtidos, é necessário que se possa identificar e separar os dados que sejam contaminados por fontes de ruído isoladas e identificáveis, como navios passando próxima das linhas ou mesmo o ruído próprio destas linhas, causado, por exemplo, pela vibração induzida por correntes oceânicas. Esta identificação é feita, para cada trecho de sinal gravado, usando-se detectores de passagem de embarcações e verificando se existe correlação entre o ruído medido e a velocidade da corrente oceânica. Caso uma destas condições ocorra, os parâmetros acústicos daquele trecho não são inseridos no sistema de informação. O Apêndice F apresenta este processamento com detalhes.

### III.3 DADOS AMBIENTAIS

Com intuito de verificar possíveis correlações entre os dados coletados pelos sensores acústicos e parâmetros abióticos, neste relatório foram utilizados dois parâmetros ambientais (vento e altura significativa de onda). Os dados horários de vento e onda, com resolução de aproximadamente 27 km, foram extraídos do produto ERA5 da ECMWF (*The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Tais parâmetros foram filtrados espacialmente, de acordo com as regiões de interesse, e temporalmente em relação aos períodos de medição dos dados acústicos.

### III.4 DENSIDADE DE EMBARCAÇÕES

As posições das embarcações nas regiões de interesse (descritas na Seção II.2 deste relatório) foram obtidas a partir de dados do Sistema de Identificação Automática (*Automatic Identification System – AIS*) fornecidos pela Petrobras. Além das posições, esses dados fornecem o tipo, o rumo, a velocidade e nome de cada embarcação listada no sistema.



### **III.5 GEOREFERENCIAMENTO DOS DADOS ACÚSTICOS**

As posições das medições acústicas estão referenciadas em coordenadas geográficas, em *Datum* WGS-84. No caso dos perfiladores, a posição fornecida é determinada pelo seu receptor GPS, no ponto de emersão. No caso dos *gliders* a posição é interpolada a partir dos pontos de início e final do mergulho, obtidos pelo seu GPS, utilizando-se, como referência, os tempos das medições obtidas pelo seu CTD. No caso das Linhas de Fundeio e dos Observatórios Submarinos, a posição adotada é a posição de lançamento de sua poita, na superfície, sendo que pode ocorrer deriva por efeito da correnteza até sua chegada ao piso marinho. Além disto, para as LFI's deve ser observado que a linha se move por efeito das correntes, podendo sua extremidade superior derivar por centenas de metros em relação à poita.

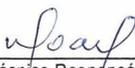
### **III.6 SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL DOS DADOS ACÚSTICOS**

As medições acústicas são marcadas pela data/hora de sua aquisição, sincronizadas pelos seus equipamentos na superfície antes do lançamento. A hora adotada é a hora UTC.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## **IV METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO E ARQUIVAMENTO DOS DADOS**

### **IV.1 CONSISTÊNCIA E QUALIFICAÇÃO DOS DADOS**

Os sinais acústicos são avaliados quanto a sua consistência, verificando-se a integridade dos arquivos recebidos e se os sinais gravados não contêm distorções como trechos com saturação ou com níveis muito baixos de sinal. Os sinais que apresentam problemas de consistência são removidos das fases seguintes de processamento.

O processamento tem o propósito de obter parâmetros acústicos a cada minuto de sinal. Estes parâmetros devem passar por um processo de qualificação para poderem ser inseridos no sistema de informações. Para todos os sistemas, a fase final de qualificação consiste em se detectar a presença de dados espúrios, baseado na definição de limiares de detecção nas distribuições estatísticas dos parâmetros, como descrito no Apêndice F.

Para os perfiladores, como a obtenção dos parâmetros acústicos é feita pelo próprio equipamento, nenhuma outra avaliação é feita antes da detecção dos dados espúrios.

Para os outros sistemas (*gliders*, OSs e LFI), os trechos de sinal são avaliados quanto à presença de ruído próprio e de ruído de fluxo. Caso estes ruídos estejam presentes, o trecho não será inserido no sistema de informações. Os trechos restantes passam, então, pelo processo de detecção de dados espúrios, após o qual, os dados qualificados são inseridos no sistema de informações.



## IV.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES

Um grande volume de dados (sinais sonoros, dados ambientais, dados de instrumentação oceanográfica, entre outros) é coletado no âmbito do PMPAS-BS, sendo processado, armazenado e disponibilizado em uma plataforma *web* com o apoio de um sistema de informação. Esses dados processados servirão de insumo para análises com relação às variações espaço-temporais para verificar padrões na paisagem acústica, levando em consideração variações circadianas, sazonais, interanuais e alterações relacionadas às atividades de exploração e produção de petróleo na Bacia de Santos.

Para atender aos dados acústicos e complementares coletados pelo projeto PMPAS-BS foi desenvolvido o Sistema de Modelagem e Medições Acústicas Oceânicas – **SIMMAO**, que é um sistema de informações composto por um conjunto de ferramentas e um banco de dados para armazenamento, em ambiente confiável e seguro, dos dados medidos pelas linhas de fundeio instrumentadas (LFIs), observatórios submarinos (OSs), *gliders* e perfiladores acústicos, dados complementares (posições e ambientais), metadados associados, resultados gerados pelo processamento e análise destes dados, além dos parâmetros estatísticos calculados sobre conjuntos de medições.

O banco de dados deverá armazenar também os resultados e mapas produzidos pelo sistema de modelagem de ruído ambiental, descrito na Seção VI.

As ferramentas sendo desenvolvidas para o **SIMMAO** facilitarão o recebimento, a verificação de consistência e a armazenagem dos dados brutos; o recebimento e a armazenagem dos metadados associados; o processamento dos dados; a armazenagem e a disponibilização dos dados processados para a comunidade científica por meio de página *web* com acesso controlado na internet.



### IV.3 CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE NAVIOS

Um dos objetivos principais dos observatórios submarinos é a obtenção do nível da fonte (**SL = Source Level**) de navios da Petrobras e de terceiros que trafeguem próximo aos OSs. Os SL destes navios são usados nos modelos para a construção de mapas geográficos com níveis de ruído na Bacia de Santos. A Figura IV.3-1 mostra o sinal captado no OS da Baía de Guanabara durante a passagem de uma embarcação, podendo-se observar a elevação correspondente dos níveis do sinal acústico.

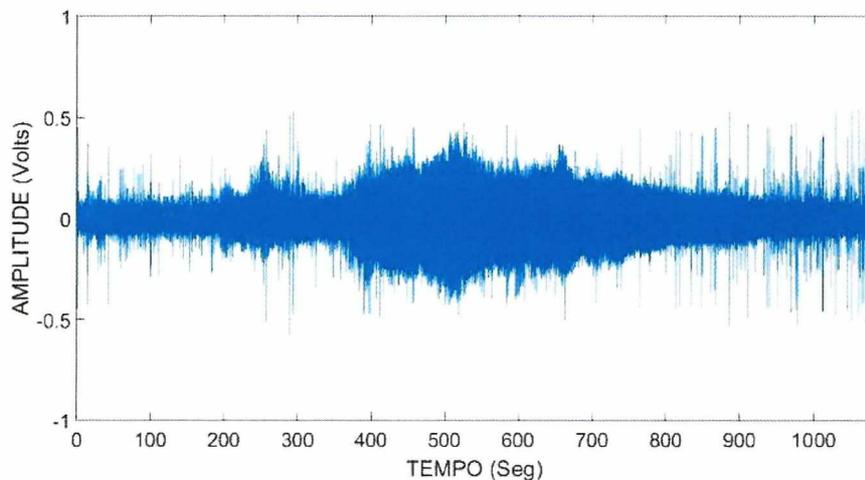


Figura IV.3-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.

Para a obtenção dos níveis da fonte para um navio, é necessário que o ruído produzido pelo navio seja significativamente maior do que os níveis do ruído ambiente no local, sendo um aumento igual ou maior que 10 dB um valor adequado, para as distâncias dos OSs aos canais de navegação. São analisadas as bandas entre 40 e 3.000 Hz. A Figura IV.3-2 mostra, como exemplos, espectros obtidos antes e durante a passagem do navio. Pode-se observar que, para este navio, ocorreu um aumento maior que 10 dB em toda a faixa de frequência analisada, sendo possível obter seu SL. Mais detalhes sobre a detecção de navios são apresentados no Apêndice F.

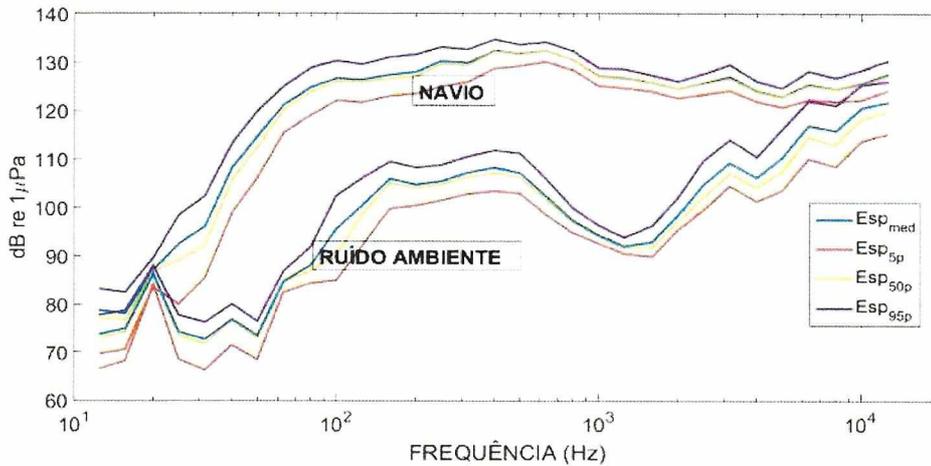


Figura IV.3-2: Espectros obtidos antes e durante a passagem do navio.

#### IV.4 CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE BIOFONIA

Na detecção de sinais de origem biológica, são avaliados os sinais acústicos para a busca de sinais tonais e de sons pulsados que representam as frequências e durações típicas dos sinais produzidos pelos delfinídeos, e os sinais correspondentes a baleias e peixes. Os parâmetros de duração e frequência usados em cada configuração dos detectores foram escolhidos baseados na literatura, como em Bittencourt *et al.* (2017), sobre sons da fauna marinha.

Estão sendo implementados detectores pelo IPqM, que consideram a elevação de energia em bandas e durações específicas para cada tipo de sinal desejado. Em paralelo com o desenvolvimento dos detectores, estão sendo feitas detecções manuais em um subconjunto das gravações para serem usadas na validação dos detectores.

Após a consolidação da metodologia a ser usada para a detecção, será necessário o desenvolvimento de programas específicos para agilização do processo de verificação de enorme volume de gravações disponíveis.

Mais detalhes sobre a detecção de biofonia são apresentados no Apêndice F.

## IV.5 PROCESSAMENTO

Neste item, são apresentados os parâmetros que serão extraídos dos sinais, outros processamentos realizados, os tipos de apresentação disponíveis e particularidades de processamento para cada tipo de sensor.

### IV.5.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PROCESSADOS

Os perfiladores não transmitem as séries temporais correspondentes às medições realizadas nas janelas acústicas. Calculam e transmitem espectros de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL, do inglês **Sound Pressure Level**) entre 10 Hz a 10 kHz, mais especificamente o espectro médio e os espectros dos percentis de 5%, 50% e 95%, além dos parâmetros  $SPL_{RMS \text{ Médio}}$ ,  $SPL_{MAX}$  e  $SPL_{\text{pico-a-pico}}$ .

Por outro lado, as medições dos demais equipamentos são séries temporais contínuas ou com interrupções, de valores relacionados ao Nível de Pressão Sonoras, amostrados em altas frequências.

Foi considerado que as diretrizes da Comunidade Europeia sobre poluição acústica dos mares recomendam a monitoração do valor médio quadrático (RMS, do inglês **Root Mean Square**) do SPL em bandas de 1/3 de oitava. As quatro bandas de frequência (63, 125, 500 e 1.000 Hz) foram escolhidas atendendo às recomendações dos *guidelines* internacionais para monitoramento da paisagem acústica submarina (Dekeling *et al.*, 2014a e Jensen *et al.*, 2011). A seleção das bandas de 63 e 125 Hz foi feita considerando que é nessas bandas onde ocorre a assinatura típica do ruído de embarcações (Dekeling *et al.*, 2014a, b). As bandas de 500 e 1.000 Hz foram selecionadas por serem impactadas por fontes de ruídos ambientais (Jensen *et al.*, 2011; Ross, 1976). Os parâmetros de SPL considerados para cada uma destas bandas de frequência são os valores espectrais no percentil de 50% das bandas de 1/3 de oitava correspondentes ( $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ).

Foi adotado o critério de processar as janelas das séries temporais registradas pelos *gliders*, LFIs e OSs e extrair delas parâmetros equivalentes, ou seja, para cada janela acústica, da ordem de um minuto, calcular os parâmetros:



- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS médio entre 10 Hz a 10 kHz;
- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS percentil de 5% entre 10 Hz a 10 kHz;
- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS percentil de 50% entre 10 Hz a 10 kHz;
- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS percentil de 95% entre 10 Hz a 10 kHz;
- $SPL_{RMS\ Médio}$ ;
- $SPL_{MAX}$ ;
- $SPL_{pico-a-pico}$ ;
- $SPL_{pico}$ ;
- $SPL_{63Hz}$ ;
- $SPL_{125Hz}$ ;
- $SPL_{500Hz}$ ;
- $SPL_{1000Hz}$ .

Os valores de  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  são recuperados dos espectros estimados no percentil de 50%.

#### **IV.5.2 OUTROS PROCESSAMENTOS**

Os valores de SPL de perfiladores e *gliders* foram utilizados para avaliar preliminarmente a distribuição estatística destes dados. Dessa forma, os dados foram representados através de histogramas e avaliados para verificar se os dados se ajustam a uma função de densidade de probabilidade para distribuição normal. Além disso, os dados SPL foram correlacionados com o número de embarcações e fatores abióticos (intensidade do vento e altura significativa de onda) ao longo do tempo nas regiões de interesse. Os coeficientes de correlação de *Spearman* foram calculados para cada situação.

Com o intuito de avaliar se existe diferença significativa entre os dados de SPL das regiões de interesse, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz.



### IV.5.3 PERFILADORES ACÚSTICOS

No caso dos perfiladores acústicos, cujos dados são processados internamente, são somente realizados testes de qualificação para a detecção e remoção de dados espúrios baseados na distribuição estatística dos parâmetros.

Todas as janelas acústicas qualificadas são consideradas para inclusão no sistema de informações, mesmo aquelas que se encontram fora da área delimitada da Bacia de Santos ou aquelas fora das três áreas de interesse. As janelas acústicas são classificadas pelas faixas de profundidade e distribuídas nos quadrados de resolução de 1/6 de grau. As janelas de medições dos perfiladores em cada ciclo estão todas georreferenciadas ao seu ponto de emersão.

A Figura IV.5.3-1 é um exemplo de espectros de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, coletados por um perfilador, em 26/01/2017, na profundidade de 183 m.

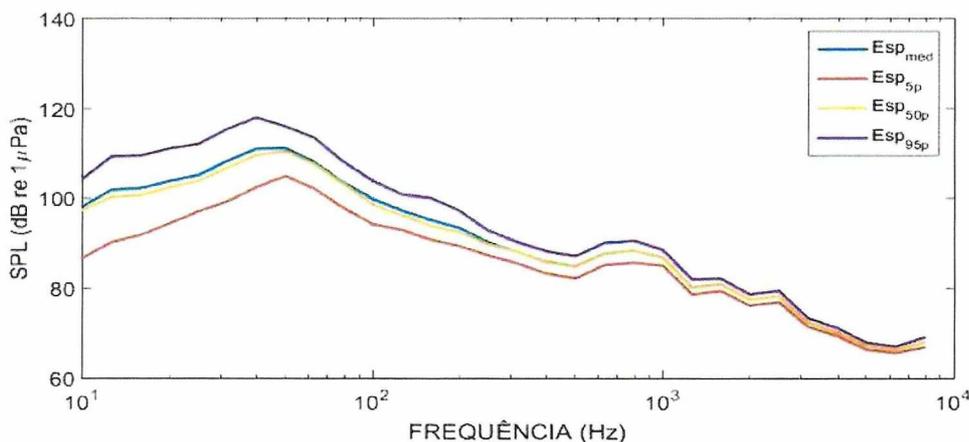


Figura IV.5.3-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, transmitido por um perfilador, em 26/01/2017, para a profundidade de 183 m.



#### IV.5.4 GLIDERS

No processamento dos dados advindos dos *gliders*, os arquivos de cada perfil são tratados para identificar os eventos de ruído próprio de acionamento ou ruído de fluxo excessivo e remoção de *outliers*. A seguir são escolhidas janelas acústicas, classificadas pelas faixas de profundidade e distribuídas nos quadrados de resolução de 1/6 de grau. As janelas de medições dos *gliders* são georreferenciadas às posições estimadas na sua trajetória, obtidas pela interpolação das posições GPS obtidas no início e final de cada mergulho, nos tempos das medições acústicas.

A Figura IV.5.4-1 é um exemplo de um espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculados a partir de sinais coletados por um *glider*, em 14/11/2017, na profundidade de 592 m.

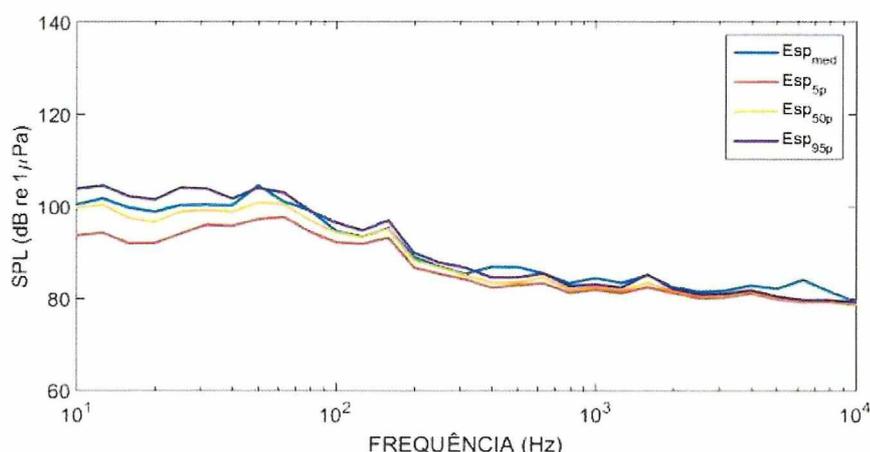


Figura IV.5.4-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado por um *glider* em 14/11/2017, para a profundidade de 592 m.

#### IV.5.5 OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS

No processamento dos dados advindos dos OSs, os arquivos são processados para garantir a sua qualificação e para a identificação de eventos, como a passagem de navios e a ocorrência de biofonia. Os arquivos são segmentados e para cada janela de um minuto selecionada é realizado o

processamento para a obtenção dos parâmetros SPL e dos espectros de 1/3 de oitava.

A Figura IV.5.5-1 é um exemplo de um espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculados a partir de sinais coletados por um OS, em 17/07/2017, na profundidade de 24 m.

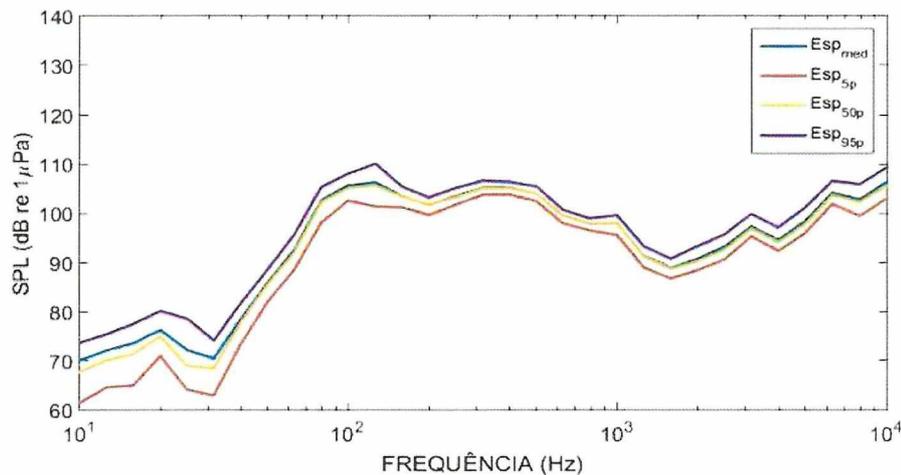


Figura IV.5.5-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em um OS em 17/07/2017, para a profundidade de 24 m.

#### IV.5.6 LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS

No processamento dos dados advindos das LFIs, os arquivos são processados para garantir a sua qualificação e para a identificação de eventos, como a passagem de navios e a ocorrência de biofonia. Ainda é verificada a correlação do SPL com a velocidade de corrente, sendo excluídos os trechos onde esta correlação for alta. Os arquivos são segmentados e para cada janela de um minuto selecionada é realizado o processamento para a obtenção dos parâmetros SPL e dos espectros de 1/3 de oitava.

A Figura IV.5.6-1 é um exemplo de um espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculados a partir de sinais coletados por uma LFI, em 26/11/2017, na profundidade de 200 m.



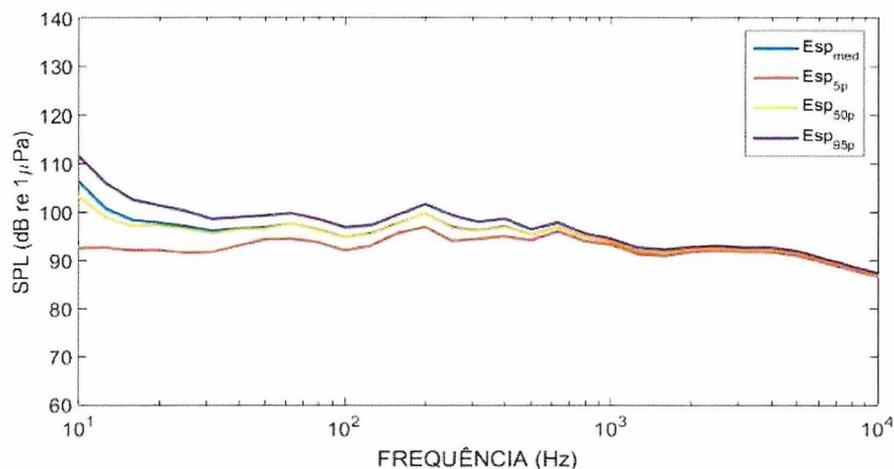


Figura IV.5.6-1: Exemplo de espectro de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em uma LFI em 26/11/2017, para a profundidade de 200m.

#### IV.5.7 DADOS AMBIENTAIS

Os dados ambientais são usados apenas quando são feitas análises para correlacionar estes parâmetros com os níveis de ruído obtidos no PMPAS-BS. Eles não ficam armazenados no sistema de informações do projeto. Por este motivo, o processamento a ser realizado nestes dados vai depender do teste específico sendo realizado e será detalhado junto à descrição destes testes.

#### IV.5.8 DENSIDADE DE NAVIOS

O número de embarcações (NEMB) para cada região é calculado a partir dos registros presentes em cada hora cheia com uma margem de 10 minutos, totalizando um *duty cycle* de 33,3%, aproximadamente. Por exemplo, em um determinado dia o NEMB de uma região é calculado a partir das etapas abaixo:

- Determinam-se os intervalos de amostragem (Ex: 00h50min a 01h10min, 01h50min a 02h10min, 23h50min a 00h10);
- Verifica-se o NEMB para cada intervalo de amostragem;
- Excluem-se as informações enviadas mais de uma vez, para cada embarcação, dentro do intervalo de amostragem;

- Calcula-se o NEMB para cada intervalo de amostragem.

O NEMB é usado para quantificar a atividade antrópica associada ao tráfego de embarcações em uma determinada região. Nas análises apresentadas neste relatório, o NEMB é utilizado para avaliar sua influência nos níveis de ruído medidos pelos equipamentos de gravação acústica. São usadas nesta contagem apenas as embarcações que estejam dentro de um raio de 10 km das posições onde ocorreram uma medição. Esta limitação considera que os navios muito distantes têm uma contribuição muito pequena, quando comparada com a contribuição de um navio passando próximo ao sensor.

#### **IV.5.9 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS**

As próximas seções mostram, de maneira genérica, como os dados e resultados são apresentados.

##### **IV.5.9.1 RESOLUÇÃO ESPACIAL PLANA**

Para o caso do monitoramento móvel (*gliders* e perfiladores), foi adotada a apresentação de densidade amostral e de SPL, em dB re 1  $\mu$ Pa, com uma resolução espacial de 1/6 de grau (quadrados com cerca de 18,5 km de lado – 10 mn). A resolução de 1/6 de grau vem sendo adotada como referência para representação e análise espacial de resultados gerados pelos projetos ambientais desenvolvidos pela PETROBRAS na Bacia de Santos, para os quais se busca uma uniformidade na forma de sua apresentação.

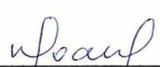
##### **IV.5.9.2 RESOLUÇÃO ESPACIAL VERTICAL**

As medições foram classificadas em três faixas de profundidades: de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, sendo estas as faixas que incluem as profundidades das medições das Linhas de Fundeio Instrumentadas, que estão a 50 m, 200 m e 950 m.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

### IV.5.9.3 RESOLUÇÃO ESPECTRAL

A resolução espectral adotada é a de 1/3 de oitava. As bandas de 1/3 de oitava e suas frequências centrais consideradas são apresentadas na Tabela IV.5.9.3-1.

Tabela IV.5.9.3-1: Frequência central das bandas dos filtros de 1/3 de oitava, em Hz, em função do número da banda.

#Banda	Freq. Central						
1	6,3	11	63,1	21	631,0	31	6.310
2	7,9	12	79,4	22	794,3	32	7.943
3	10	13	100	23	1.000	33	10.000
4	12,6	14	125,9	24	1.259	34	12.589
5	15,8	15	158,5	25	1.585	35	15.849
6	19,9	16	199,5	26	1.995	36	19.953
7	25,1	17	251,2	27	2.512	37	25.119
8	31,6	18	316,2	28	3.162	38	31698
9	39,8	19	398,1	29	3.981	39	39.906
10	50,1	20	501,2	30	5.012	40	50.238

### IV.5.9.4 RESOLUÇÃO TEMPORAL

A resolução temporal depende do equipamento empregado. Para os perfiladores, é realizado um ou dois ciclos de medição por dia, com a aquisição de cinco janelas acústicas de um minuto de sinal, em profundidades diferentes durante a fase de subida.

Para os *gliders*, são feitas gravações na parte da descida de alguns mergulhos realizados ao longo do dia. Isto corresponde a trechos de até três horas de gravação contínua, repetida de duas a três vezes por dia.

Para os OSs, são feitas gravações contínuas durante todo o período em que o equipamento está instalado, sendo que cada ciclo de gravação dura entre 30 e 45 dias. Em algumas poucas situações em que foi necessário aumentar a autonomia dos equipamentos, a gravação foi feita de forma pulsada, com gravação de 30 minutos e um tempo de espera, sem gravação, de 90 minutos.

Para as LFIs, são feitas gravações pulsadas, com a aquisição de 85 segundos de sinal a cada 10 minutos. As LFIs permanecem no mar por um período planejado de 6 meses.



Para todos os sistemas de aquisição, os parâmetros acústicos são calculados para trechos de um minuto de sinal, considerando-se a hora do início das gravações como tempo de referência. Para as LFI, são usados 60 dos 85 segundos disponíveis por gravação para a obtenção dos parâmetros acústicos.

#### **IV.5.9.5 DENSIDADE AMOSTRAL ESPACIAL**

Esta apresentação consiste em mostrar o número de medições válidas, em um mapa tridimensional cobrindo a região sudeste do Brasil, entre as latitudes 30° S e 22° S e longitudes 49° W e 39° W, com a resolução de quadrados de 1/6 de grau. A Figura IV.5.9.5-1 mostra um exemplo desta apresentação. A escala de cores corresponde ao número de medições válidas realizadas em cada quadrado, para as classes de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, a partir de perfiladores ou *gliders*. São representadas: a linha da costa do Brasil (linha em azul); as isóbatas de 200 e 2.000 metros (linhas em vermelho); um polígono definindo a área geográfica da Bacia de Santos (linha em magenta); e a posição de algumas plataformas (cruzes em preto)).



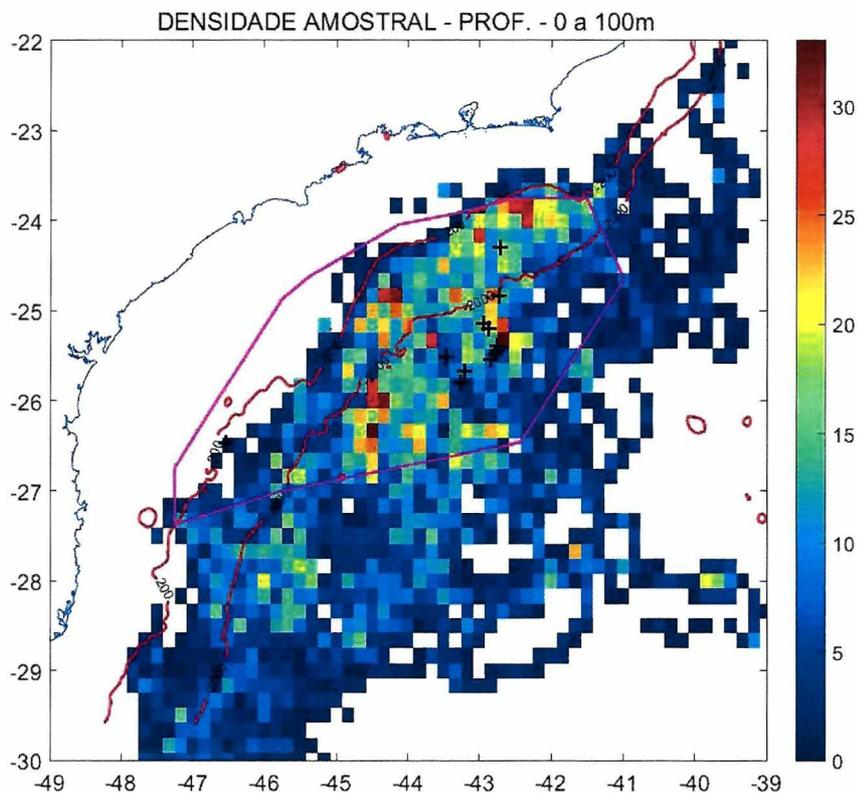


Figura IV.5.9.5-1: Exemplo da distribuição espacial da Densidade Amostral para as profundidades entre 0 e 100 m.

#### IV.5.9.6 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA ESPACIAL

Esta apresentação consiste em mostrar um mapa tridimensional com a resolução de quadrados de 1/6 de grau, para as classes de profundidade, dos valores de SPL RMS médio, de pico e para os filtros de 1/3 de oitava com frequências centrais de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, a partir de dados de perfiladores ou *gliders*. A Figura IV.5.9.6-1 mostra um exemplo desta apresentação.

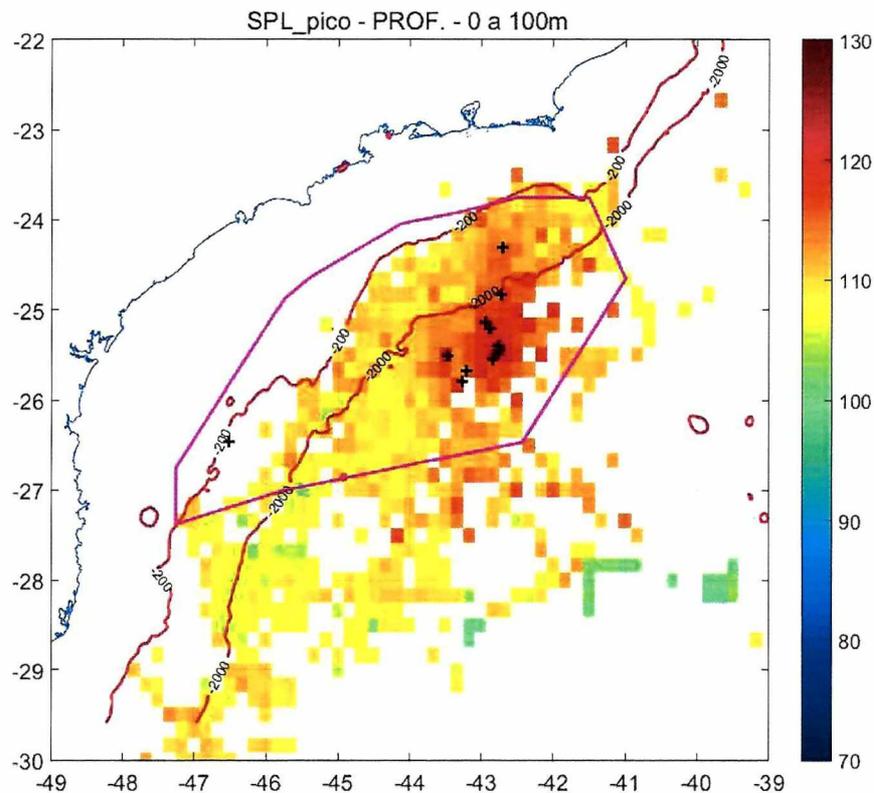


Figura IV.5.9.6-1: Exemplo da distribuição espacial de SPL para as profundidades entre 0 e 100 m.

#### IV.5.9.7 NÍVEL DA PRESSÃO SONORA TEMPORAL

Esta apresentação consiste na apresentação dos valores de SPL RMS médio ou de pico de janelas na resolução temporal de um minuto, no mesmo local, e para cada profundidade, ao longo do tempo. A Figura IV.5.9.7-1 mostra um exemplo desta apresentação.

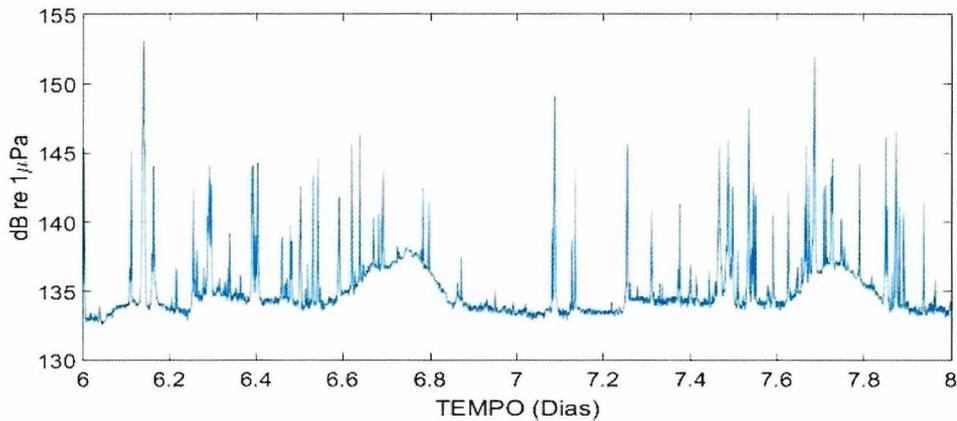


Figura IV.5.9.7-1: Exemplo de apresentação do SPL em função do tempo, com resolução temporal de um minuto.

#### IV.5.9.8 ESPECTROS DE 1/3 DE OITAVAS

Esta apresentação consiste dos espectros de 1/3 de oitava do SPL RMS entre 10 Hz a 10 kHz, médio, e de percentis de 5%, 50% e 95% de uma janela de medição. A Figura IV.5.9.8-1 mostra um exemplo de espectro de 1/3 de oitava de um sinal gravado em um OS.

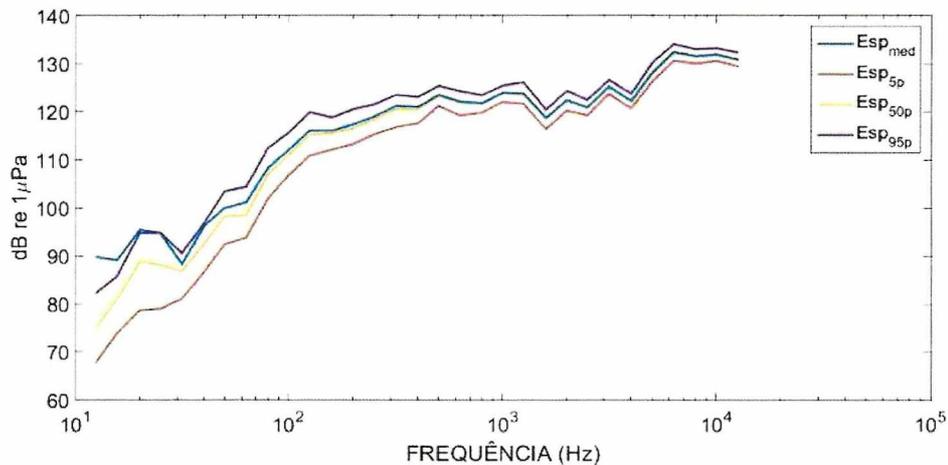


Figura IV.5.9.8-1: Exemplo de espectro de 1/3 de oitava médio e nos percentis de 5%, 50% e 95% do ruído gravado em um OS.



#### IV.5.9.9 ESPECTROGRAMAS

Esta apresentação consiste em um mapa tridimensional mostrando a energia nas bandas dos espectros de 1/3 de oitava de um sinal e sua evolução ao longo do tempo, permitindo ver seu comportamento dinâmico. A Figura IV.5.9.9-1 mostra um exemplo de um espectrograma onde se vê a passagem de duas embarcações. O eixo vertical representa a frequência, crescendo para cima, e o eixo horizontal representa o tempo. A intensidade dos sinais é dada por uma escala de cores, onde o mais claro representa maior energia.

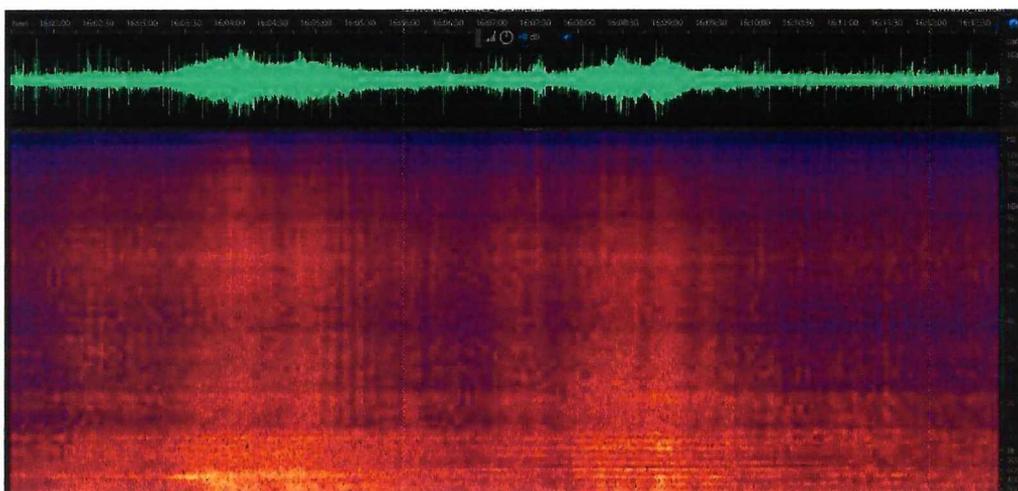


Figura IV.5.9.9-1: Exemplo de um espectrograma correspondente a doze minutos de gravação em um trecho em que se pode observar a passagem de duas embarcações.

#### IV.5.9.10 NÍVEL DE EXPOSIÇÃO SONORA – SEL<sub>24H</sub>

Os parâmetros espectrais calculados a partir dos sinais acústicos gravados no projeto PMPAS-BS foram usados para calcular a energia acumulada em um intervalo de 24 horas, chamado de nível de exposição sonora, SEL<sub>24H</sub> (do inglês, *Sound Exposure Level*). O SEL<sub>24H</sub> é usado por diversos autores para avaliar o impacto em animais marinhos das fontes sonoras presentes em um meio (ver NOAA, 2016). No presente relatório, os dados obtidos são calculados utilizando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. A avaliação sobre os possíveis impactos causados por estes ruídos nos animais presentes no meio, bem como a comparação com os valores obtidos com dados da literatura, é escopo do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de

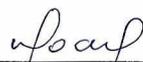
---

Santos (PMC), sendo que os dados acústicos serão disponibilizados pelo PMPAS-BS para o PMC-BS.



  
\_\_\_\_\_  
Coordenador da Equipe



  
\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## V ATIVIDADES NO PERÍODO

### V.1 HISTÓRICO

São descritas neste relatório as atividades do PMPAS-BS envolvendo o recebimento e processamento dos dados adquiridos no período de novembro de 2015 a dezembro de 2018, além das atividades de desenvolvimento de um modelo de ruído e de um sistema de informações para armazenamento e disponibilização dos dados.

Neste período, foram realizadas 29 campanhas de lançamento e recolhimento de *gliders*; duas campanhas de lançamento das LFIs, com seis linhas com gravação acústica; doze campanhas de lançamento de perfiladores, com um total de 120 perfiladores lançados; e 46 campanhas de lançamento e recolhimento de OSs.

### V.2 PRODUÇÃO DOS SERVIÇOS NO PERÍODO

#### V.2.1 RECEBIMENTO E PROCESSAMENTO DOS SINAIS ACÚSTICOS

No período compreendido nesse relatório foram recebidos e processados os seguintes conjuntos de dados:

- Perfiladores: no período entre novembro de 2015 e dezembro de 2018, 119 perfiladores realizaram 23.903 ciclos de medição, com um total de 110.090 janelas acústicas medidas processadas e armazenadas, das quais 84.994 foram aceitas no processo de qualificação, conforme detalhado na seção V.3.1. Destas janelas acústicas qualificadas, 33.001 foram realizadas dentro da AGBS e 51.993 fora dela;
- *Gliders*: no período entre novembro de 2015 e dezembro de 2018, os *gliders* realizaram gravações acústicas em 6.750 mergulhos, gerando 70.399 arquivos, correspondendo a 4.888,3 horas de sinais, conforme detalhado na seção V.3.2. Estas janelas foram processadas e armazenadas, gerando um total de 321.511 minutos analisados, sendo que 140.141 destes minutos foram aceitos no processo de qualificação.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

Dos minutos qualificados, 138.058 foram medidos dentro da AGBS e 2.083 fora dela;

- Observatórios Submarinos: no período entre março de 2017 e dezembro de 2018, os OSs realizaram gravações acústicas em 313.613 arquivos, correspondendo a 28.061,7 horas de gravação que foram processadas e armazenadas conforme detalhado na seção V.3.3. Destas gravações, foram qualificadas 22.330,9 horas de sinal;
- Linhas de Fundeio Instrumentadas: no período entre outubro de 2017 e dezembro de 2018, as LFIs realizaram gravações acústicas em 773.543 arquivos, correspondendo a 18.189,8 horas de gravação, conforme detalhado no item V.3.4. Os dados das LFIs foram qualificados usando-se os dados de corrente oceânica junto aos sensores. Foram aceitas no processo de qualificação 5.287 horas de gravação.

## V.2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO

Será disponibilizada na *web* uma página contendo: informações gerais sobre o projeto; relatórios técnicos entregues ao IBAMA; as posições geográficas das instalações dos equipamentos de monitoramento fixo (observatórios submarinos e linhas de fundeio instrumentadas); trajetórias percorridas durante determinado tempo por equipamentos móveis (*gliders* e perfiladores); resultados do processamento dos dados coletados por equipamentos móveis e equipamentos fixos, além de mapas de modelagem do ruído.

### V.2.2.1 EQUIPAMENTOS MÓVEIS (PERFILADORES E GLIDERS)

Os resultados apresentados no portal são advindos do banco que armazena dados qualificados após a fase de processamento, com a remoção de trechos com ruídos próprios, remoção de *outliers* e remoção de trechos com fontes sonoras identificáveis próximas, conforme descrito no Apêndice F. Os seguintes parâmetros são armazenados, para cada trecho de sinal analisado, como apresentado em Lima e Paula, (2017):

- Data e hora do início do trecho;
- Latitude, longitude e profundidade no início do trecho;



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

- Temperatura e salinidade para o início do trecho;
- Sistema de aquisição usado;
- Espectros de 1/3 de oitava nas bandas de 10 Hz até o limite possível para cada sistema:
  - No percentil de 5% para cada banda nos blocos de análise;
  - No percentil de 50% para cada banda nos blocos de análise;
  - No percentil de 95% para cada banda nos blocos de análise;
  - Média para cada banda nos blocos de análise;
- SPL médio dos blocos de análise em toda a banda de frequência amostrada;
- SPL médio dos blocos de análise na banda de 10 Hz a 10 kHz;
- SPL máximo dos blocos de análise em toda a banda de frequência amostrada;
- SPL máximo dos blocos de análise na banda de 10 Hz a 10 kHz;
- SPL pico a pico do trecho em toda a banda de frequência amostrada;
- SPL pico a pico do trecho, para a banda de 10 Hz a 10 kHz;
- Densidade espectral de potência média, em unidade de dB ref.1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ , com resolução de 1 Hz, até a frequência de corte do equipamento ( $f_c = f_{\text{amostragem}}/2$ ).

Além dos sinais acústicos, diversos outros parâmetros utilizados para o processamento desses sinais são coletados e armazenados no banco de dados, como:

- Informações de tempo: data e hora das medições;
- Informações de posição: latitude, longitude e profundidade das medições;
- Informações sobre embarcações próximas: dados AIS.

As figuras a seguir apresentam algumas telas do portal *web* para consulta aos dados processados pelo **SIMMAO**. A Figura V.2.2.1-1 apresenta a tela com a trajetória dos PABLOs e *gliders*. Ao selecionar um dos equipamentos é possível visualizar sua identificação e os espectros gravados (média e percentis de 5%, 50% e 95%), como mostra a Figura V.2.2.1-2.



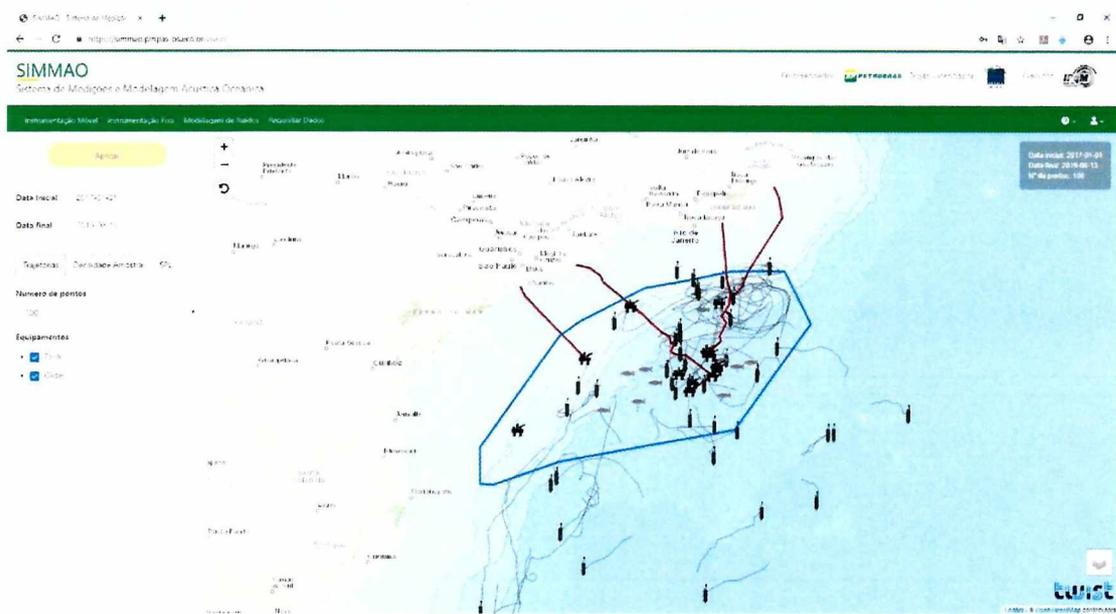


Figura V.2.2.1-1: Trajetória dos PABLOs e gliders até dezembro de 2018 - últimos 50 pontos.

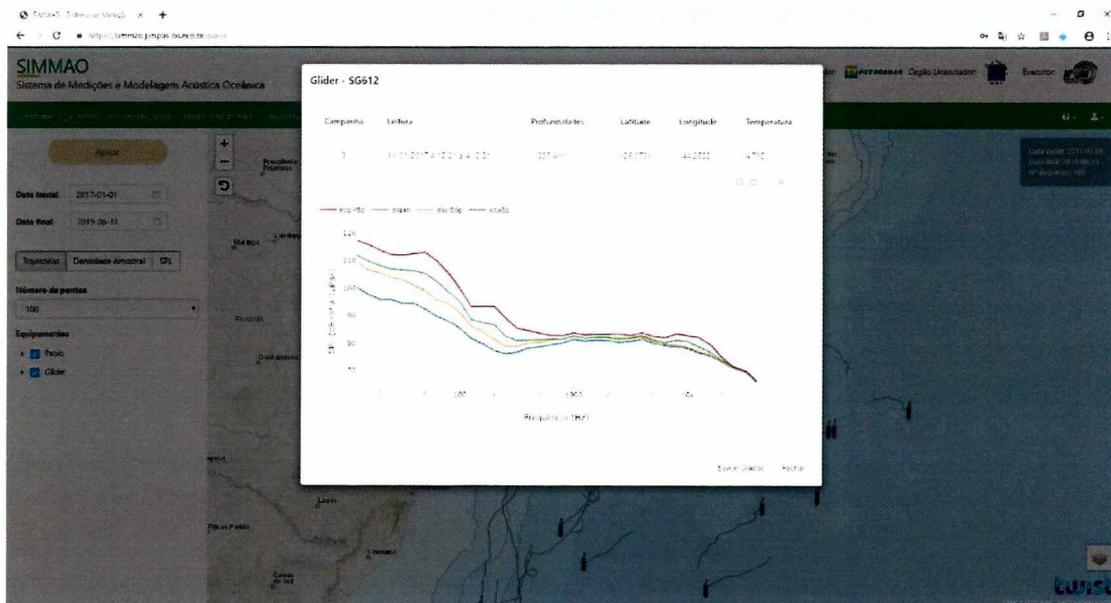


Figura V.2.2.1-2: Espectros gravados (média e percentis de 5%, 50% e 95%) para o glider SG612 na campanha 9.

A Figura V.2.2.1-3 apresenta o mapa de energia para o parâmetro acústico  $SPL_{125Hz}$  enquanto que a Figura V.2.2.1-4 apresenta os espectros para uma região qualquer selecionada no mapa de energia da Figura V.2.2.1-3.

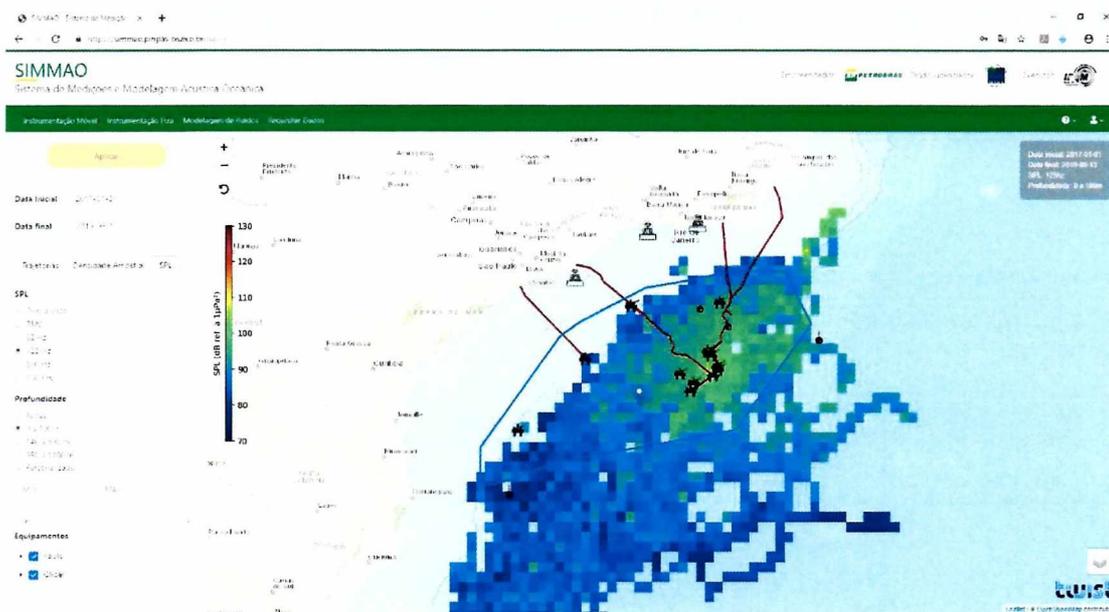


Figura V.2.2.1-3: Mapa de energia para o parâmetro acústico  $SPL_{125Hz}$  e profundidade de 100 m.

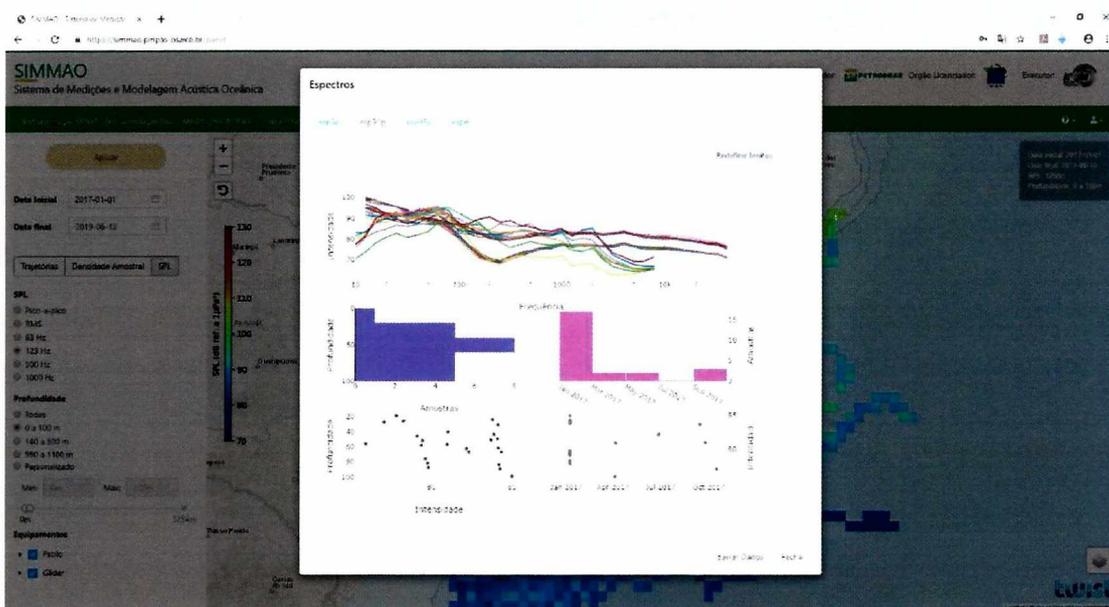


Figura V.2.2.1-4: Espectros de 1/3 de oitava nas bandas de 10 Hz até o limite possível no percentil de 50%.

### V.2.2.2 EQUIPAMENTOS FIXOS (OSs E LFIs)

Da mesma forma como ocorre na instrumentação fixa, os resultados apresentados no portal são advindos do banco que armazena dados qualificados após a fase de processamento, com a remoção de trechos com ruídos próprios, remoção de *outliers* e remoção de trechos com fontes sonoras identificáveis próximas, conforme descrito no Apêndice F. Os parâmetros armazenados após processamento e qualificação dos dados dos equipamentos fixos são os mesmos citados na seção V.2.2.1

As figuras a seguir apresentam algumas telas do portal *web* para consulta aos dados processados pelo **SIMMAO**. A Figura V.2.2.2-1 apresenta a tela com a localização dos Observatórios Submarinos rasos (OS-1 – Baía da Guanabara, OS-2 – Baía de Ilha Grande e OS-3 – Canal do Porto de São Sebastião) e das Linhas de Fundeio (FA-01 e FA-02, que estão localizadas em área de produção; FA-03 e FA-04, que estão em área de controle; FA-05 e FA-06, que estão em área de navegação). Ao selecionar um dos equipamentos é possível visualizar sua identificação e os níveis de pressão sonora em função do tempo ( $SPL_{pico-a-pico}$ ,  $SPL_{50p}$ ,  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ), como mostra as Figuras V.2.2.2-2 e V.2.2.2-3.



Figura V.2.2.2-1: Localização dos OSs e das LFIs.



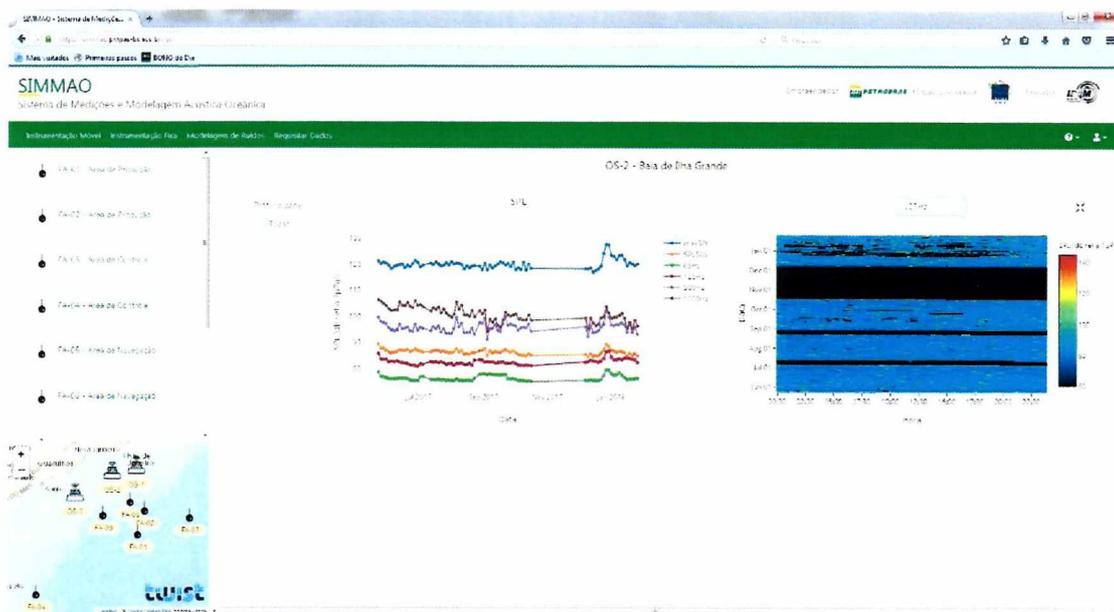


Figura V.2.2.2-2: OS-2 (Baía de Ilha Grande) - Gráficos de  $SPL_{pico-a-pico}$ ,  $SPL_{50p}$ ,  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  ao longo do período de coleta de dados; e gráfico apresentando o  $SPL_{125Hz}$  de acordo com a data e hora do dia.

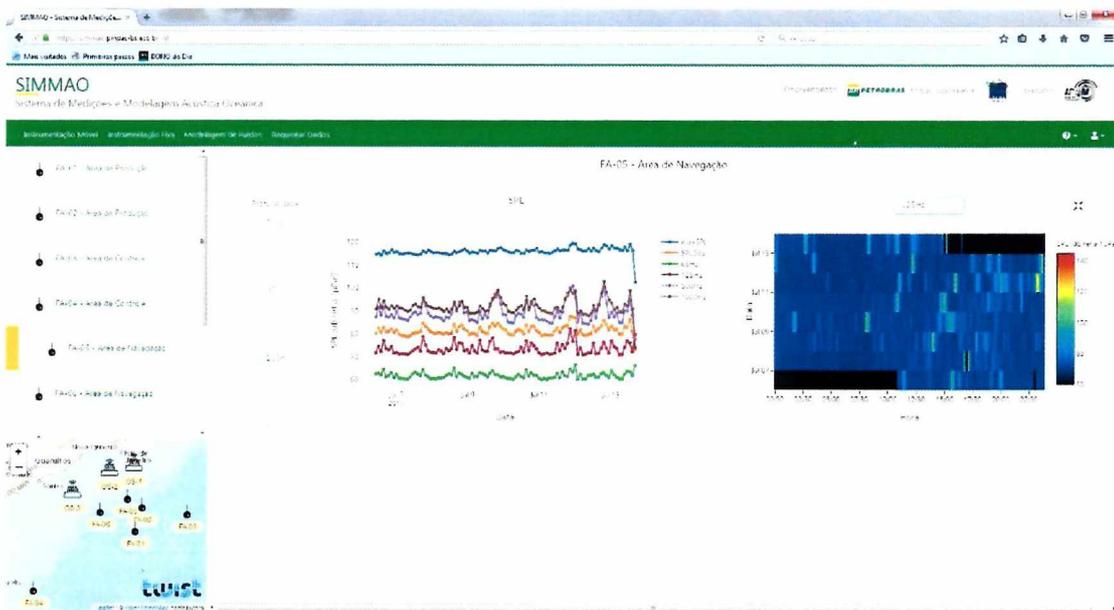


Figura V.2.2.2-3: FA-05 – Para instrumento localizado a 200 m de profundidade, gráficos de  $SPL_{pico-a-pico}$ ,  $SPL_{50p}$ ,  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  ao longo do período de coleta de dados; e gráfico apresentando o  $SPL_{125Hz}$  de acordo com a data e hora do dia.

### V.2.2.3 MAPAS DE RUÍDO

O Sistema de Modelagem Acústica Submarina (**SIMAS**) gera mapas de ruído oceânico englobando as Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo. Esses mapas são armazenados no banco de dados do **SIMMAO** e disponibilizados através da interface *web* onde é possível selecionar o período desejado (mês ou estação do ano), frequência (63 Hz ou 125 Hz), profundidade (50 m, 200 m ou 1.000 m) e SPL (média, percentil 5, percentil 50 ou percentil 95).

Cabe ressaltar que os mapas disponibilizados nessa interface são resultados de modelagem físico-matemática e ainda serão verificados e ajustados em relação aos dados reais coletados, de forma a apresentar resultados cada vez mais confiáveis, tendo por objetivo uma eventual redução das medições contínuas por longo prazo.

A Figura V.2.2.3-1 apresenta simulação para o mês de fevereiro de 2017, SPL<sub>95p</sub>, 125 Hz, com profundidade de 50 m.

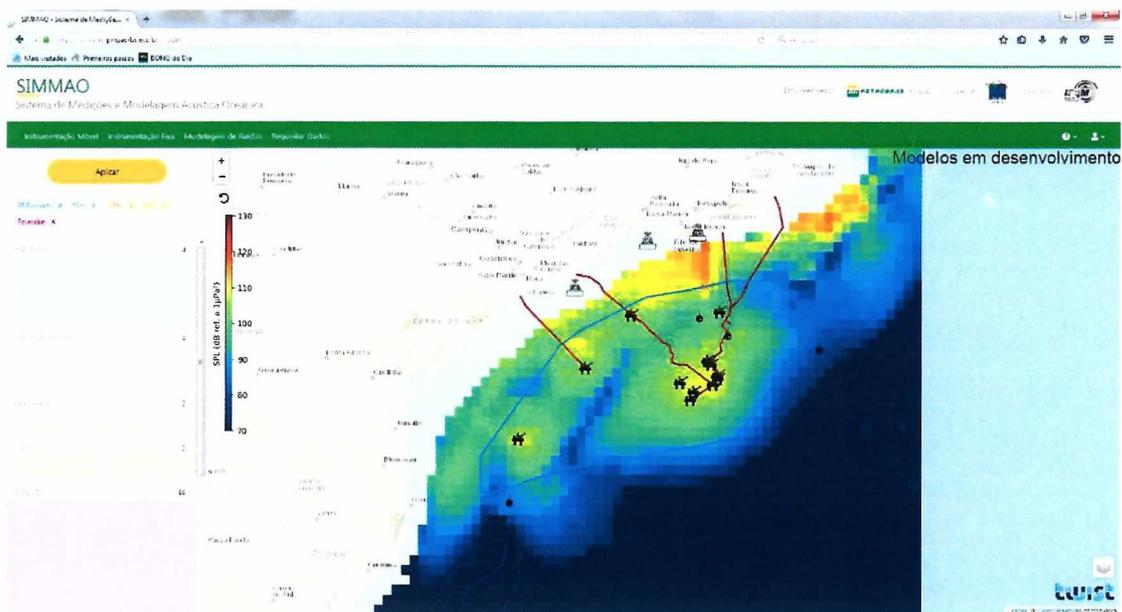
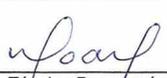


Figura V.2.2.3-1: Mapa de ruído simulado para o mês de fevereiro de 2017, SPL<sub>95p</sub>, 125 Hz, com profundidade de 50 m.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## V.3 RESULTADOS NO PERÍODO

### V.3.1 PERFILADORES ACÚSTICOS

#### V.3.1.1 CICLOS DE COLETA

Os perfiladores foram lançados em doze ciclos executados pela empresa ProOceano (ciclos 01 a 10) e pela empresa Gardline (ciclos 11 e 12), com o lançamento de 10 perfiladores por ciclo.

A Tabela V.3.1.1-1 mostra os arquivos recebidos dos perfiladores entre 13 de novembro de 2015 e 31 de dezembro de 2018. Cada arquivo contém os dados de um único perfilador, sendo que as colunas da tabela apresentam o horário da primeira e da última leitura de cada perfilador, o número de janelas acústicas previstas (número de mergulhos x número de janelas programadas) e o número de janelas acústicas realmente efetuadas, respectivamente. Foram utilizados os dados de 119 perfiladores dos 120 perfiladores lançados tendo sido realizados 23.903 mergulhos no período. Do total de 119.515 janelas acústicas previstas, foram transmitidas 110.090.

Na última coluna, é mostrado o número de pontos programado para a coleta de um perfil de temperatura durante a subida do perfilador.

Tabela V.3.1.1-1: Dados dos perfiladores lançados até o final de 2018.

Perfilador	Primeira leitura	Última leitura	# Janelas previstas	# Janelas efetuadas	# pontos perfil temperatura
PABLO_P010101	13/11/15 03:52	02/07/16 22:38	1.160	1.134	0
PABLO_P010102	13/11/15 03:33	18/04/17 05:56	2.535	2.497	0
PABLO_P010201	13/11/15 12:07	19/11/16 19:39	1.610	1.602	0
PABLO_P010202	13/11/15 14:45	29/03/16 18:57	690	646	0
PABLO_P010301	13/11/15 23:53	08/07/16 17:59	1.175	1.168	0
PABLO_P010401	14/11/15 23:40	18/01/17 23:04	1.930	1.908	0
PABLO_P010402	14/11/15 22:00	11/12/15 17:50	140	140	0
PABLO_P010501	14/11/15 16:57	29/01/17 20:41	1.980	1.958	0
PABLO_P010502	14/11/15 14:53	12/10/16 15:53	1.420	1.416	0
PABLO_P010601	14/11/15 06:06	19/12/15 21:34	185	131	0
PABLO_P020101	03/02/16 17:18	29/04/16 20:30	425	332	201
PABLO_P020201	03/02/16 21:52	27/02/16 23:40	125	76	151
PABLO_P020301	04/02/16 01:23	02/03/16 23:38	145	123	151
PABLO_P020401	03/02/16 14:32	05/03/16 20:33	160	153	151
PABLO_P020501	03/02/16 15:19	16/02/16 20:03	65	65	151
PABLO_P020601	03/02/16 08:57	26/04/16 01:46	415	369	150
PABLO_P020701	03/02/16 09:04	09/08/16 14:17	935	767	148
PABLO_P020801	03/02/16 03:22	26/06/16 21:13	715	702	151



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

Perfilador	Primeira leitura	Última leitura	# Janelas previstas	# Janelas efetuadas	# pontos perfil temperatura
PABLO_P020901	03/02/16 01:08	15/07/17 00:14	2.630	2.625	169
PABLO_P021001	03/02/16 03:12	22/02/17 02:12	1.805	1.771	151
PABLO_P030101	22/04/16 18:22	11/05/16 19:44	100	55	0
PABLO_P030201	22/04/16 17:04	28/05/16 20:41	185	153	150
PABLO_P030301	23/04/16 03:44	15/05/16 19:56	120	82	146
PABLO_P030501	22/04/16 13:24	31/10/16 18:10	950	814	151
PABLO_P030601	21/04/16 02:08	16/05/16 19:24	135	133	150
PABLO_P030801	21/04/16 02:08	25/12/16 19:05	1.240	1.233	0
PABLO_P030901	21/04/16 03:33	26/06/17 18:35	2.135	2.127	0
PABLO_P031101	22/04/16 11:16	01/09/16 14:26	655	493	0
PABLO_P040101	15/07/16 15:10	08/10/16 20:33	425	290	150
PABLO_P040201	15/07/16 18:10	04/06/18 22:00	3.280	2.949	151
PABLO_P040301	15/07/16 23:08	20/07/16 02:08	25	20	122
PABLO_P040401	15/07/16 23:30	09/09/16 22:26	280	264	226
PABLO_P040501	16/07/16 03:18	17/12/17 15:21	2.640	2.535	240
PABLO_P040601	16/07/16 12:24	07/09/16 15:19	245	60	57
PABLO_P040701	16/07/16 18:48	17/09/16 02:31	295	80	150
PABLO_P040801	16/07/16 11:29	17/01/17 14:11	870	529	151
PABLO_P040901	16/07/16 11:54	12/01/18 20:05	2.670	2.540	359
PABLO_P041001	16/07/16 11:22	19/07/17 17:53	1.785	1.776	226
PABLO_P050101	22/10/16 09:48	24/12/17 17:29	2.105	1.926	771
PABLO_P050201	22/10/16 11:18	14/04/17 20:13	830	659	203
PABLO_P050301	22/10/16 07:57	07/03/18 23:42	3.125	2.832	241
PABLO_P050401	22/10/16 05:58	08/01/17 13:34	395	115	150
PABLO_P050501	22/10/16 00:57	12/01/18 07:23	2.365	2.100	501
PABLO_P050601	22/10/16 03:33	20/07/17 22:06	1.340	1.211	240
PABLO_P050701	22/10/16 02:03	27/01/18 07:36	2.600	2.334	240
PABLO_P050801	22/10/16 01:08	31/10/17 18:25	1.790	1.667	240
PABLO_P050901	21/10/16 20:07	06/10/17 21:39	1.690	1.585	726
PABLO_P051001	21/10/16 22:13	02/07/17 18:59	1.215	1.125	237
PABLO_P060101	15/01/17 06:28	08/03/17 17:27	260	258	150
PABLO_P060201	18/01/17 08:21	01/02/17 16:34	85	80	150
PABLO_P060301	15/01/17 17:18	30/07/18 00:59	2.785	2.119	751
PABLO_P060401	15/01/17 16:08	12/11/17 14:00	1.470	1.346	150
PABLO_P060501	15/01/17 20:24	20/04/18 17:12	2.305	2.286	150
PABLO_P060601	17/02/17 20:11	24/04/17 19:07	275	243	150
PABLO_P060701	18/02/17 01:23	08/09/17 21:07	995	809	351
PABLO_P060801	18/02/17 02:25	29/07/18 19:26	2.620	2.542	352
PABLO_P060901	18/02/17 02:12	13/07/17 19:37	720	692	476
PABLO_P061001	18/02/17 01:12	13/05/18 16:55	2.235	2.110	726
PABLO_P070101	01/05/17 02:29	22/10/17 19:24	855	842	751
PABLO_P070201	01/05/17 06:04	14/03/18 13:32	2.145	1.923	751
PABLO_P070301	01/05/17 12:22	02/05/17 19:09	10	10	150
PABLO_P070401	01/05/17 11:39	01/05/17 16:49	5	5	150
PABLO_P070501	01/05/17 13:17	07/09/17 00:27	640	598	240
PABLO_P070601	01/05/17 15:55	10/04/18 22:51	1.715	1.538	726
PABLO_P070701	01/05/17 18:14	05/03/18 15:49	1.995	1.787	726
PABLO_P070801	01/05/17 17:12	21/02/18 19:35	1.480	1.354	626
PABLO_P070901	01/05/17 23:55	26/02/18 05:32	1.595	1.161	751
PABLO_P071001	01/05/17 22:41	03/06/17 21:37	160	145	150
PABLO_P080101	17/08/17 20:54	29/07/18 20:41	1.715	1.655	726
PABLO_P080201	18/08/17 14:15	29/07/18 16:32	1.700	1.370	727
PABLO_P080301	18/08/17 02:48	20/11/17 19:37	385	360	726
PABLO_P080401	18/08/17 01:50	28/04/18 18:33	1.245	1.162	726
PABLO_P080501	18/08/17 01:38	29/07/18 19:46	1.720	1.702	151



Perfilador	Primeira leitura	Última leitura	# Janelas previstas	# Janelas efetuadas	# pontos perfil temperatura
PABLO_P080601	18/08/17 01:53	29/05/18 18:37	1.375	1.328	726
PABLO_P080701	19/08/17 14:24	28/07/18 20:45	1.660	1.647	151
PABLO_P080801	18/08/17 09:10	30/06/18 19:37	1.565	1.498	726
PABLO_P080901	18/08/17 11:41	19/11/17 21:39	470	381	726
PABLO_P081001	18/08/17 13:56	02/07/18 21:02	1.495	1.456	151
PABLO_P090101	22/02/18 20:01	29/07/18 17:16	780	779	150
PABLO_P090201	23/02/18 01:46	29/07/18 18:52	790	790	150
PABLO_P090301	11/04/18 11:24	29/07/18 19:26	540	538	151
PABLO_P090401	23/02/18 04:18	29/07/18 19:29	790	742	151
PABLO_P090501	23/02/18 04:45	16/03/18 14:53	110	91	150
PABLO_P090601	23/02/18 06:32	29/07/18 19:03	785	738	285
PABLO_P090701	23/02/18 09:40	29/07/18 17:42	790	760	285
PABLO_P090801	23/02/18 12:20	29/07/18 17:33	785	782	150
PABLO_P090901	11/04/18 04:13	29/07/18 18:12	555	553	151
PABLO_P091001	10/04/18 22:49	29/07/18 18:57	555	550	150
PABLO_P100101	18/05/18 18:27	29/07/18 17:42	365	330	285
PABLO_P100201	18/05/18 05:49	29/07/18 14:28	365	252	276
PABLO_P100301	18/05/18 12:33	29/07/18 15:42	365	271	240
PABLO_P100401	18/05/18 17:31	29/07/18 19:22	360	321	285
PABLO_P100501	18/05/18 20:50	29/07/18 19:18	365	335	285
PABLO_P100601	19/05/18 02:59	29/07/18 17:55	365	301	281
PABLO_P100701	19/05/18 01:59	29/07/18 15:55	365	186	150
PABLO_P100801	19/05/18 03:09	23/07/18 15:21	330	97	150
PABLO_P100901	19/05/18 06:38	29/07/18 21:00	350	327	285
PABLO_P101001	19/05/18 16:53	29/07/18 19:54	360	339	285
PABLO_P110565	31/07/18 03:03	16/08/18 01:57	175	159	151
PABLO_P110566	29/07/18 15:10	16/12/18 23:47	1.290	1.258	224
PABLO_P110567	30/07/18 01:14	31/12/18 15:34	1.155	1.103	234
PABLO_P110568	27/07/18 18:52	25/10/18 23:08	875	806	207
PABLO_P110569	29/08/18 11:52	24/10/18 17:23	505	444	155
PABLO_P110570	27/07/18 18:27	31/12/18 23:25	1.430	1.354	234
PABLO_P110571	28/07/18 02:29	01/01/19 00:00	1.325	1.320	219
PABLO_P110575	27/07/18 13:52	31/12/18 16:25	1.100	1.085	234
PABLO_P110576	27/07/18 14:41	26/10/18 02:54	795	774	234
PABLO_P110578	27/07/18 21:24	01/01/19 04:07	1.260	1.253	234
PABLO_P120564	26/10/18 23:53	31/12/18 23:23	640	621	151
PABLO_P120572	27/10/18 16:29	31/12/18 22:21	635	610	151
PABLO_P120573	27/10/18 18:35	31/12/18 16:34	650	624	219
PABLO_P120577	27/10/18 03:03	31/12/18 21:26	655	644	234
PABLO_P120604	27/10/18 16:08	31/12/18 20:28	595	542	207
PABLO_P120605	26/10/18 23:06	30/10/18 18:59	45	22	151
PABLO_P120606	27/10/18 17:46	31/12/18 19:35	580	545	219
PABLO_P120607	27/10/18 10:03	01/01/19 01:33	650	577	234
PABLO_P120608	27/10/18 05:17	01/01/19 05:07	565	522	166
PABLO_P120610	26/10/18 23:02	01/01/19 01:33	650	636	151
PABLO_P120611	15/11/18 16:46	31/12/18 17:04	455	435	219
<b>Totais</b>			<b>119.515</b>	<b>110.090</b>	

Os pontos das primeiras medições dos perfiladores em cada ciclo são apresentados na Figura V.3.1.1-1, indicando aproximadamente o local de seu lançamento.



*CB*  
Coordenador da Equipe



*Uloay*  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

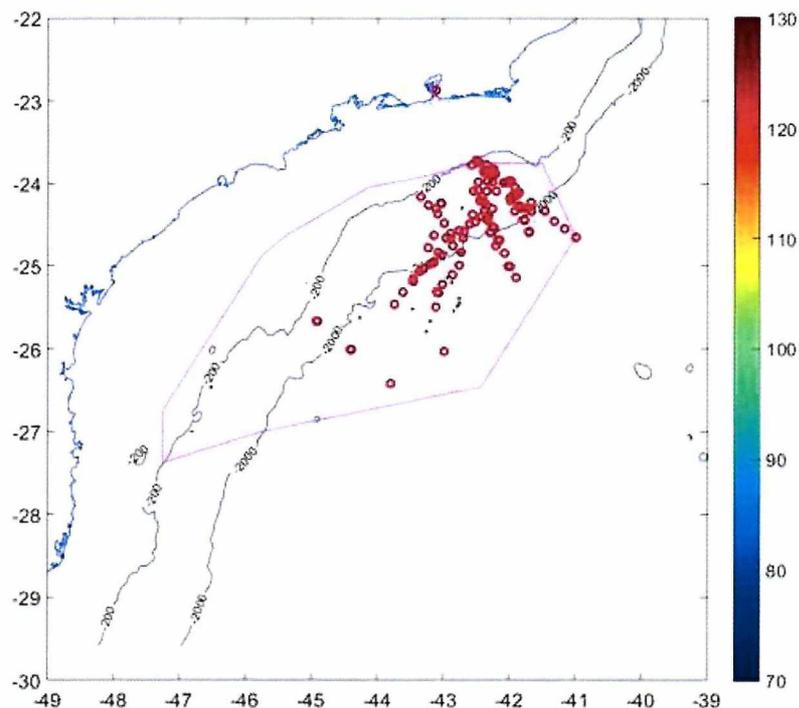


Figura V.3.1.1-1: Pontos das primeiras medições dos PABLOs (círculos vermelhos).

### V.3.1.2 TEMPOS DE VIDA DOS PERFILADORES

O tempo de vida dos perfiladores variou significativamente. A Figura V.3.1.2-1 apresenta a linha do tempo dos 119 perfiladores das doze campanhas. Estas linhas do tempo foram construídas ligando-se os tempos correspondentes às primeiras e últimas medições recebidas de cada perfilador. É preciso esclarecer que todos os perfiladores que foram lançados pela Prooceano foram desligados ao término do contrato com a Petrobras.



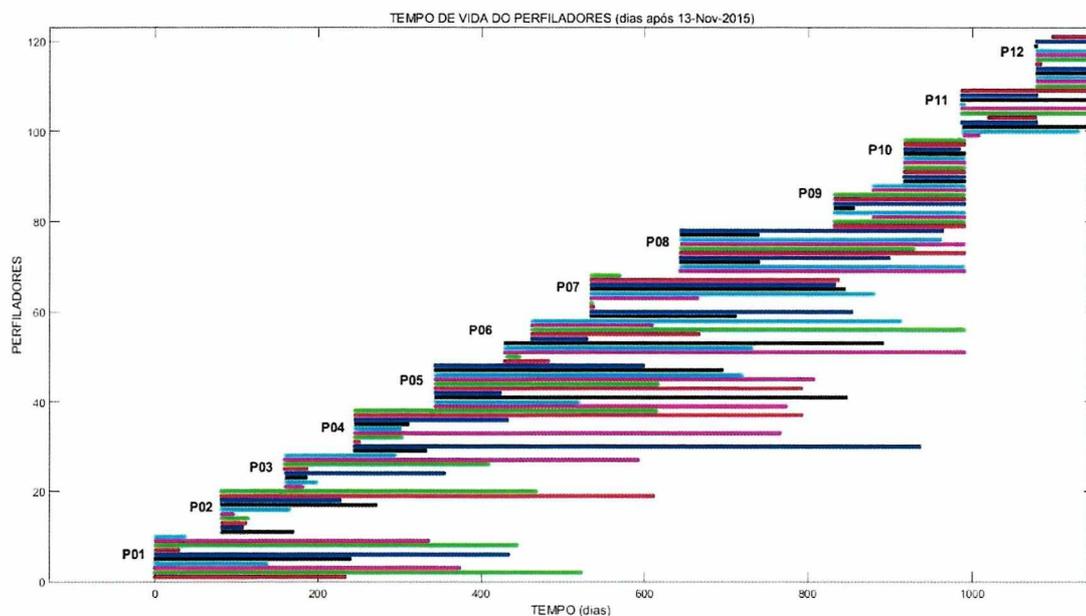


Figura V.3.1.2-1: Linha de tempo dos 119 perfiladores lançados até dezembro de 2018, em oito campanhas.

### V.3.1.3 TRAJETÓRIA DOS PERFILADORES

As trajetórias dos 119 perfiladores acústicos para o período de análise deste relatório são apresentadas na Figura V.3.1.3-1. De uma maneira geral, os perfiladores são lançados nos pontos definidos na Figura V.3.1.1-1 e derivam com o passar do tempo para a região sul do país, saindo da AGBS. Dependendo do ponto de lançamento e da profundidade de estacionamento configurados no equipamento, pode ser possível manter o equipamento dentro da área de medição desejada por mais tempo.



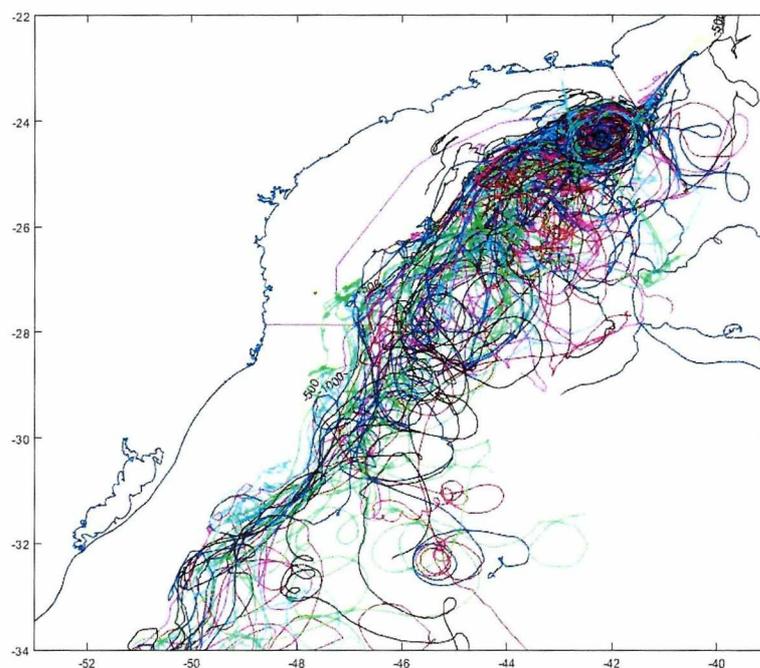


Figura V.3.1.3-1: Trajetórias dos 119 perfiladores lançados desde o início do projeto até o dia 31/12/2018.

#### V.3.1.4 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Dos 119 lançamentos e até o final do período de referência desse relatório, foram realizados e transmitidos 23.903 perfis com total de 110.090 janelas gravadas, com medições distribuídas nas faixas de profundidade como mostrado na Tabela V.3.1.4-1.

Das janelas gravadas foram qualificadas 84.994, sendo que 33.001 janelas foram realizadas no interior da AGBS e 51.993, fora dela.

Tabela V.3.1.4-1: Janelas acústicas gravadas por faixa de profundidade.

Profundidade (m)	Quantidade
0 - 100	22.803
100 - 400	24.167
400 - 650	22.458
650 - 850	20.254
850 - 1.100	20.408
<b>Total</b>	<b>110.090</b>

## V.3.2 GLIDERS

### V.3.2.1 CICLOS DE COLETA

A operação dos *gliders* foi realizada pela empresa ProOceano nos ciclos 01 a 25 e pela empresa Gardline nos ciclos 26 a 29, ambas contratadas pela Petrobras. Foram realizados 29 ciclos de lançamento e recuperação dos *gliders*, tendo sido recebidos arquivos de sinais correspondentes a 27 destes ciclos. Os *gliders* lançados nos ciclos 4 e 14 não puderam ser recuperados, tendo sido perdidas suas gravações acústicas, embora seus dados operacionais, que são transmitidos ao final de cada mergulho, estejam disponíveis. A Tabela V.3.2.1-1 mostra os dados operacionais de cada ciclo. Ao todo, os dados cobrem cerca de três anos, de novembro de 2015 a dezembro de 2018, tendo sido coletados dados por 1.110 dias. Durante o período de abrangência deste relatório, os *gliders* percorreram uma distância horizontal combinada de 14.943,3km, sendo realizados 6.639 mergulhos, com uma média de 6,0 mergulhos por dia.

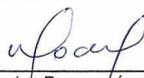
  
Coordenador da Equipe  
Técnico Responsável3º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2019

Tabela V.3.2.1-1: Dados operacionais de cada ciclo do glider.

Ciclo	Glider	Início	Fim	Dias de coleta	Distância (km)	Mergulhos	Mergulhos / dia
1º	SG618	10/11/2015	20/12/2015	39	725	331	8,5
2º	SG618	08/01/2016	02/02/2016	25	444	214	8,2
3º	SG612	02/02/2016	20/04/2016	79	1.324	644	8,2
4º *	SG618	20/04/2016	07/07/2016	79	1.403	434	5,5
5º	SG612	07/07/2016	16/08/2016	40	468	234	5,8
6º	SG612	16/08/2016	16/09/2016	32	411	136	4,2
7º	SG612	16/09/2016	15/10/2016	30	561	126	4,2
8º	SG612	21/10/2016	20/11/2016	31	291	133	4,3
9º	SG612	20/11/2016	11/01/2017	53	613	219	4,1
10º	SG612	14/01/2017	16/02/2017	34	395	153	4,5
11º	SG569	17/02/2017	24/03/2017	36	601	262	7,3
12º	SG570	24/03/2017	30/04/2017	38	748	301	7,9
13º	SG569	30/04/2017	05/05/2017	3	32	16	5,3
14º *	SG570	05/05/2017	27/05/2017	23	397	131	5,7
15º	SG571	03/06/2017	12/07/2017	39	548	163	4,2
16º	SG612	12/07/2017	16/08/2017	36	406	152	4,2
17º	SG612	17/08/2017	04/10/2017	49	478,5	202	4,1
18º	SG612	04/10/2017	28/10/2017	25	234,4	100	4,0
19º	SG571	29/10/2017	09/12/2017	42	519,7	175	4,2
20º	SG612	10/12/2017	20/01/2018	42	440,0	193	4,6
21º	SG612	20/01/2018	22/02/2018	34	422,0	160	4,7
22º	SG612	22/02/2018	05/04/2018	43	297,0	182	4,2
23º	SG612	10/04/2018	17/05/2018	38	300,0	174	4,6
24º	SG612	22/05/2018	06/07/2018	46	444,0	190	4,1
25º	SG612	06/07/2018	22/07/2018	17	252,0	76	4,5
26º	SG656	23/07/2018	28/08/2018	36	413,9	517	14,4
27º	SG657	29/08/2018	03/10/2018	40	492,6	335	8,5
28º	SG656	03/10/2018	14/11/2018	42	708,8	430	10,3
29º	SG657	13/11/2018	23/12/2018	39	573,4	256	6,5
<b>Total:</b>				<b>1110</b>	<b>14.943,3</b>	<b>6639</b>	<b>6,0</b>

\* Glider não recuperado

### V.3.2.2 TRAJETÓRIAS DOS GLIDERS

A Figura V.3.2.2-1 apresenta os pontos de medição nas trajetórias dos 29 *gliders* lançados. Os *gliders* foram controlados para se manterem a maior parte do tempo de sua vida útil no interior da área geográfica da Bacia de Santos (AGBS), tendo este objetivo sido atingido com sucesso.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

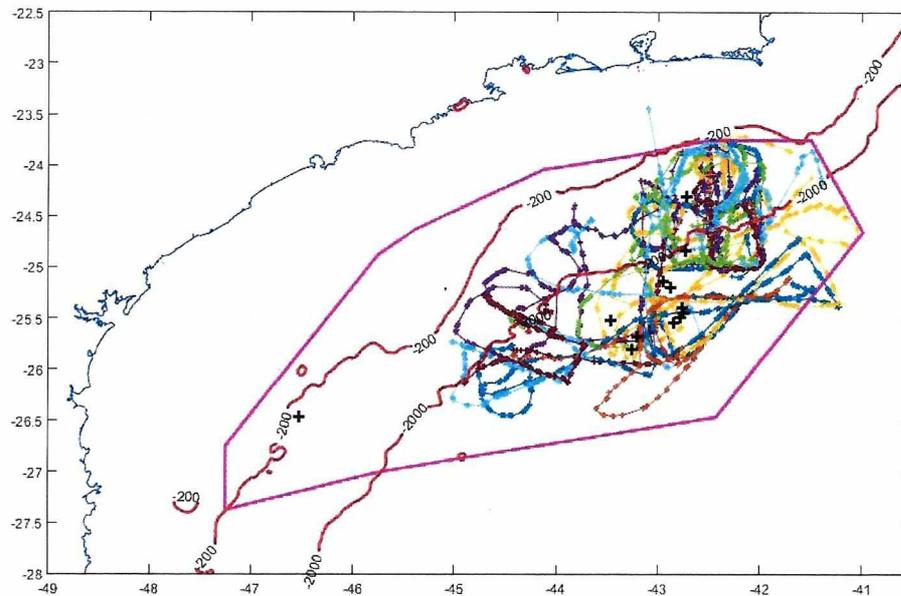


Figura V.3.2.2-1: Trajetórias percorridas pelos gliders lançados nos 29 primeiros ciclos. As marcas nas trajetórias correspondem a trechos onde foram feitas medições acústicas.

### V.3.2.3 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Conforme detalhado na Seção V.3.2.1, no período entre 10 de novembro de 2015 e 23 de dezembro de 2018, os *gliders* realizaram 6.639 mergulhos (média de 6,0 por dia), com gravação acústica em 2.264 mergulhos. A Tabela V.3.2.3-1 apresenta as informações sobre os dados acústicos coletados em cada ciclo. De acordo com a tabela, foi gravado um total de 99.316 arquivos, correspondendo a 4.888,3 horas de sinais. Não houve aquisição de dados em todos os mergulhos.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

Tabela V.3.2.3-1: Informações dos dados acústicos coletados por ciclo.

Ciclo	Glider	# Arquivos	Tempo de gravação (horas)	Mergulhos com gravação	Ruído próprio (horas/% do total)
1º	SG618	7960	262	187	15,6 / 5,9%
2º	SG618	1652	54	48	4,0 / 7,4%
3º	SG612	7393	244	159	25,3 / 10,4%
4º*	SG618	0	0	0	0
5º	SG612	3807	186	75	8,4 / 4,5%
6º	SG612	3490	173	60	11,6 / 6,7%
7º	SG612	3342	166	58	8,9 / 5,4%
8º	SG612	3374	167	54	13,5 / 8,1%
9º	SG612	6285	312	108	10,5 / 3,4%
10º	SG612	2121	105	39	9,1 / 8,7%
11º	SG569	4351	215	76	7,8 / 3,6%
12º	SG570	3607	178	90	9,6 / 5,4%
13º	SG569	283	14	11	0,6 / 4,3%
14º*	SG570	0	0	0	0
15º	SG571	4691	232	78	7,2 / 3,1%
16º	SG612	4155	206	71	6,3 / 3,1%
17º	SG612	5780	285,6	101	12,8 / 4,5%
18º	SG612	2944	145,3	52	4,8 / 3,3%
19º	SG571	5164	255,1	90	8,2 / 3,2%
20º	SG612	4.834	237,9	99	12,6 / 5,3%
21º	SG612	3.681	181,6	70	28,0 / 15,4%
22º	SG612	3.447	170,1	63	4,8 / 2,8%
23º	SG612	4.438	219,4	80	24,8 / 11,3%
24º	SG612	5.391	266,3	97	29,7 / 11,1%
25º	SG612	1.893	93,5	34	14,8 / 15,7%
26º	SG656	491	77,9	119	1,5 / 1,9
27º	SG657	372	60,7	87	5,3 / 8,8
28º	SG656	1.602	260,3	107	14,1 / 5,4
29º	SG657	2.768	120,6	151	4,3 / 3,5
<b>Total:</b>		<b>99.316</b>	<b>4.888,3</b>	<b>2.264</b>	



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## V.3.3 OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS

### V.3.3.1 CICLOS DE COLETA

Os equipamentos instalados nos OSs foram configurados para realizarem, preferencialmente, a gravação contínua dos sinais recebidos pelos seus hidrofones. Foram realizadas 52 campanhas de lançamento e recuperação dos gravadores acústicos dos OSs, entre março de 2017 a dezembro de 2018. Os lançamentos foram numerados sequencialmente no formato Lxx, onde xx representa o número do lançamento. Alguns lançamentos não foram listados na tabela (L02, L04, L05, L08, L28) por não ter havido instalação do gravador acústico nestas ocasiões. Alguns lançamentos se encontram repetidos devido ao fato de terem sido instalados mais de um equipamento ao mesmo tempo (L25 e L25A; L29 e L29A; L31 e L31A); ou porque o lançamento correspondeu a um equipamento para o qual os dados não foram recuperados, não tendo sido contabilizado. O número de alguns lançamentos foram incluídos posteriormente para fins de controle (L39A e L43A). O número de lançamento, desta forma, não é um contador preciso do número de gravações realizadas, mas ajuda no entendimento da sua evolução temporal.

A Tabela V.3.3.1-1 apresenta, para cada campanha, os instantes de entrada e de saída do equipamento na água. Nesta tabela, os lançamentos são nomeados separadamente para cada OS, usando o formato OSn-xxx, onde OS1 = Baía de Guanabara, OS2 = Baía de Ilha Grande e OS3 = Canal do Porto de São Sebastião e xxx corresponde a uma numeração seqüencial para cada OS. Na tabela, é indicado, também, se ocorreram problemas durante as gravações, como a interrupção inesperada da gravação ou a existência de ruídos do próprio sistema de gravação, dentre outros. Foram realizadas 24 campanhas de lançamento e recolhimento para o OS1, na Baía de Guanabara (OS1-01 a OS1-24), 13 para o OS2, na Baía de Ilha Grande (OS2-01 a OS2-13) e 15 para o OS3, no Canal do Porto de São Sebastião (OS3-01 a OS3-15).



Tabela V.3.3.1-1: Dados dos arquivos gravados nas campanhas.

Campanha / Ciclo / Sensor	Entrada na água	Saída da água	# Arquivos	Tempo submerso (horas)	OBS.
L01 / OS1-1 OP005	08MAR2017 14h30m40s	23MAR2017 14h30m06s	3.600	360	Ocorreram falhas de gravação até o dia 14MAR
L03 / OS3-1 OP001	16MAR2017 14h25m01s	x-x-x-x	6.070	607	Não gravou saída da água
L04 / OS1-2 OP004	27MAR2017 18h00m39s	11MAI2017 17h49m26s	10.798	1.079,8	
L06 / OS3-2 OP005	28ABR2017 11h13m17s		8.545	854,5	Não gravou saída da água
L07 / OS1-3 OP001	11MAI2017 15h05m39s	26JUN2017 11h03m17s	11.238	1.123,8	
L09 / OS2-1 OP004	24MAI2017 10h50m02s		10.190	1.019	Não gravou saída da água
L10 / OS3-3 OP005	14JUN2017 19h05m42s	13JUI2017 14h56m07s	6.918	691,8	
L11 / OS1-4 OP001	06JUL17 11h45m07s	16AGO17 13h51m38s	9.860	986	OceanPod defeituoso. Gravação com chiado. Dados não aproveitados.
L12 / OS2-2 OP004	11JUL17 20h05m24s	22AGO17 16h13m40s	10.041	1.004,1	
L13 / OS3-4 OP001	13JUL17 19h28m05s	x-x-x-x	5.217	521,7	Sem gravações nos cartões #01 e #02 Não gravou saída da água
L14 / OS2-3 OP004	28AGO2017 15h46m00s	16OUT2017 15h11m00s	11.779	1.175,1	
L15 / OS3-5 OP001	31AGO2017 13h32m49s	x-x-x-x	1.153	115,3	Não gravou a saída da água
L16 / OS1-5 SAASS_MK1	26SET2017 16h28m01s	x-x-x-x	1.330	83,1	Não gravou a saída da água
L17 / OS1-6 SAASS_MK1	04OUT2017 17h12m21s	10OUT2017 14h38m25s	1.699	141,5	
L18 / OS1-7 SAASS_MK1	10OUT2017 20h04m14s	x-x-x-x	2.010	167,4	Não gravou a saída da água
L19 / OS2-4 OP004	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0	Não foram observadas entrada e saída da água. Dados não aproveitados.
L20 / OS3-6 SAASS_MK1	19OUT2017 14h22m01s	x-x-x-x	3.593	299,3	Não gravou a saída da água
L21 / OS1-8 SAASS_MK1	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0	Não foi possível recuperar dados. Dados não aproveitados.
L22 / OS3-7 SAASS_MK1	09NOV2017 10h03m36s	22NOV2017 14h20m51s	3.803	316,8	
L23 / OS1-9 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	17NOV2017 10h18m00s	x-x-x-x	1.100	91,2	Não gravou a saída da água
L24 / OS3-8 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	23NOV2017 15h05m32s	x-x-x-x	1.308	108	Não gravou a saída da água
L25 / OS1-10 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	08DEZ2017 15h19m26s	x-x-x-x	1.182	97,6	Não gravou a saída da água
L25 / OS1-10 SAASS_MK2	06DEZ2017 13h43m07s	10JAN2018 11h39m06s	9.907	825,6	
L26 / OS2-5 OP004	07DEZ2017 13h19m22s	25JAN2018 14h41m42s	11.784	1.177,2	



Campanha / Ciclo / Sensor	Entrada na água	Saída da água	# Arquivos	Tempo submerso (horas)	OBS.
L27 / OS1-11 OP004	12JAN2018 14:14:48	x-x-x-x	3.884	323,6	Não gravou saída da água
L29 / OS3-9 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	18JAN2018 11:50:24	x-x-x-x	1.231	101,7	Não gravou saída da água
L29A / OS3-9 SAASS_MK2	18JAN2018 11:53:13	x-x-x-x	7.740	645,0	Não gravou saída da água
L30 / OS2-6 OP004	18FEV2018 13:03:16	x-x-x-x	1.223	122,0	Não gravou saída da água
L31 / OS1-12 SAASS_MK1	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0,0	Dados não foram recuperados
L31A / OS1-12 SONOVAULT	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0,0	Dados não foram recuperados
L32 / OS1-13 SAASS_MK1	22FEV2018 14:41:12	08MAR2018 15:06:55	4.046	337,1	
L33 / OS1-14 SONOVAULT	28FEV2018 13:36:52	x-x-x-x	455	37,9	Não gravou saída da água. Sinais saturados.
L34 / OS1-15 SAASS_MK1	09MAR2018 15:16:02	x-x-x-x	3.952	329,6	Não gravou saída da água
L35 / OS3-10 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	16MAR2018 11:48:10	x-x-x-x	1.218	100,5	Não gravou saída da água
L36 / OS2-7 OP004	21MAR2018 15:17:44	01MAI2018 13:25:38	9.821	982,2	
L37 / OS1-16 SONOVAULT	18ABR2018 11:12:44	09MAI2018 10:58:48	6.017	501,4	Sinais saturados
L38 / OS3-11 SAASS_MK2	03ABR2018 14:35:00	x-x-x-x	10.242	853,5	Não gravou saída da água
L39A / OS1-17	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0,0	Dados não foram recuperados
L39 / OS1-18	30MAI2018 14:32:16	26JUN2018 17:05:43	7.682	640,2	
L40 / OS1-19 SAASS_MK2	12JUN2018 16:42:09	26JUN2018 17:05:25	3.977	331,5	
L41 / OS3-12 SONOVAULT	29MAI2018 08:27:18	x-x-x-x	13.062	1.088,5	Não gravou saída da água
L42 / OS1-20 SAASS_MK2	29JUN2018 13:50:17	x-x-x-x	9.041	753,5	Não gravou a saída da água
L43A / OS2-8 SONOVAULT	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0,0	Dados não foram recuperados
L43 / OS2-9 SAASS_MK1 c/intervalômetro	05JUL2018 16:12:43	18JUL2018 14:22:34	933	77,0	
L44 / OS2-10 SAASS_MK1 c/intervalômetro	20JUL2018 15:20:30	x-x-x-x	1.308	108,0	Não gravou a saída da água
L45 / OS2-11 SAASS_MK2	09AGO2018 15:20:32	x-x-x-x	14.185	1.182,2	Não gravou a saída da água
L46 / OS1-21 SAASS_MK1 c/intervalômetro	13AGO2018 15:18:24	28AGO2018 13:36:47	1.066	88,0	
L47 / OS1-22 SAASS_MK1	30AGO2018 14:48:23	x-x-x-x	3.533	294,3	Não gravou a saída da água
L48 / OS3-13 SAASS_MK2	13JUL2018 12:12:03	x-x-x-x	6.030	502,6	Não gravou a saída da água
L49 / OS3-14 SAASS_MK2	11SET2018 12:38:06	x-x-x-x	10.782	895,3	Não gravou a saída da água
L50 / OS1-23 SAASS_MK2	20ET2018 14:20:08	x-x-x-x	16.624	1.385,5	Não gravou a saída da água
L51 / OS2-12 SAASS_MK2	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0,0	Dados não foram recuperados



Campanha / Ciclo / Sensor	Entrada na água	Saída da água	# Arquivos	Tempo submerso (horas)	OBS.
L52 / OS3-15 SAASS_MK2	07NOV2018 11:14:56	x-x-x-x	13.366	1.112,0	Não gravou a saída da água
L53 / OS1-24 SAASS_MK2	23NOV2018 12:22:44	x-x-x-x	16.846	1.404,0	Não gravou a saída da água
L54 / OS2-13 SAASS_MK2	15DEZ2018 11:20:00	x-x-x-x	12.224	1.018,8	Não gravou a saída da água
<b>Totais</b>			<b>313.613</b>	<b>28.061,7</b>	

### V.3.3.2 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Foram gravados 313.613 arquivos, correspondendo a um tempo total de 28.061,7 horas de gravação. Estas gravações foram processadas, qualificadas e armazenadas. No processo de qualificação, foram aceitos os dados correspondentes a 22.330,9 horas de gravação. Dentre os motivos para a não aceitação de gravações ou trechos sobressaem a existência de ruídos eletrônicos, falhas de gravação e saturação dos sinais, situações estas que são muito menos freqüentes nas últimas campanhas efetuadas.

A Figura V.3.3.2-1 mostra um diagrama temporal indicando as gravações executadas em cada uma das campanhas analisadas neste relatório. Os segmentos de reta correspondem a trechos com gravação contínua. Nesta figura, está incluído apenas o tempo em que o equipamento já estava na água, não incluindo trechos antes da sua instalação ou após sua retirada dos observatórios submarinos. As linhas inclinadas correspondem a trechos onde foram programadas gravações por 30 minutos seguidas por um tempo de 90 minutos de pausa. Este procedimento foi realizado em alguns ciclos nos quais os equipamentos disponíveis para a gravação não possuíam autonomia suficiente para fazer a gravação contínua dos sinais.



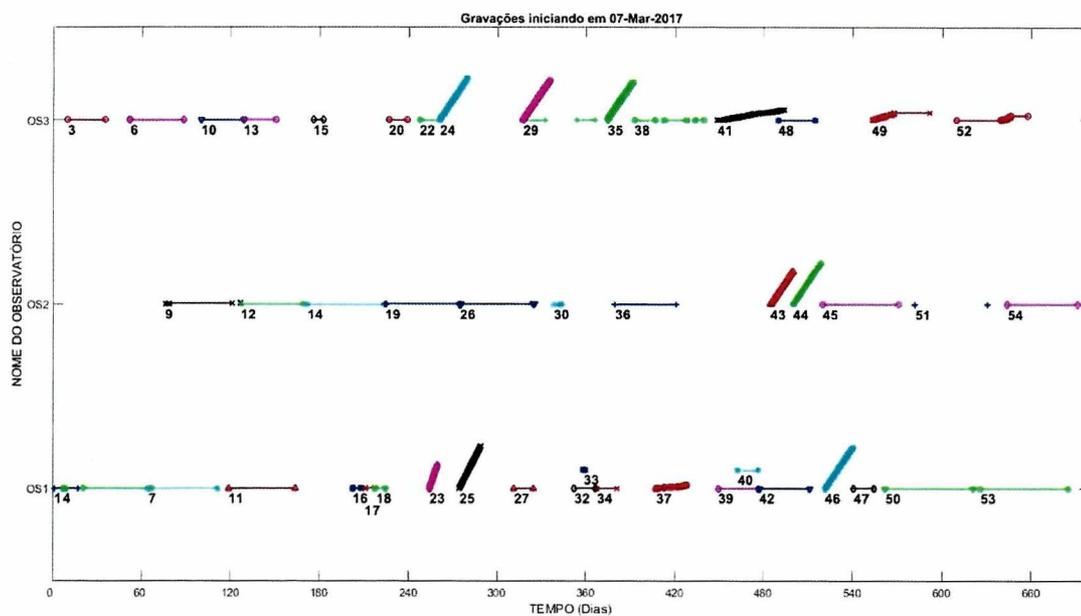


Figura V.3.3.2-1: Diagrama temporal indicando as gravações executadas em cada um dos lançamentos analisados neste relatório. As linhas inclinadas no gráfico correspondem a trechos onde as gravações foram realizadas de forma pulsada, com 30 minutos de gravação por 90 minutos de pausa.

## V.3.4 LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS

### V.3.4.1 CICLOS DE COLETA

Foram realizados dois ciclos de instalação e recolhimento das LFIs no período entre outubro de 2017 e novembro de 2018. Em cada linha, foram instalados gravadores acústicos nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. No primeiro ciclo, foram lançadas seis linhas e no segundo, quatro linhas. A profundidade local e a posição relativa das linhas são apresentadas na Tabela V.3.4.1-1.

Tabela V.3.4.1-1: Posições das Linhas de Fundeio *Instrumentadas*.

Fundeio	Profundidade (m)	Região
FA01	2.200	Impactada por atividade E&P
FA02	2.000	Em desenvolvimento de atividade E&P
FA03	2.850	Região sem atividade E&P
FA04	1.100	Região sem atividade E&P
FA05	1.100	Rota de navegação de E&P
FA06	1.100	Rota de navegação de E&P

A Figura II-1 mostra estas posições em um mapa geográfico da região, juntamente com a localização das plataformas presentes na região.

### V.3.4.2 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Foram processados sinais correspondentes às linhas recuperadas nos dois primeiros ciclos das LFIs. A Tabela V.3.4.2-1 mostra os dados operacionais destas linhas. Duas das LFIs lançadas no primeiro ciclo não puderam ser recolhidas: a LFI-FA01 devido a problemas no liberador acústico da linha e a LFI-FA06 que foi perdida devido a vandalismo. Por estes motivos, estas linhas não foram lançadas no segundo ciclo de lançamento. Posteriormente, a linha LFI-FA01 foi recuperada e seus dados foram processados, fazendo parte deste relatório.

Foram gravados 773.543 arquivos de áudio, correspondendo a 18.189,8 horas de gravação. Os sinais gravados foram armazenados, processados e qualificados, sendo que 5.287 horas de gravação foram aceitas no processo de qualificação. O principal motivo para a não aceitação de gravações foi a



presença de ruído próprio induzido pela corrente oceânica passando pela linha e pelos equipamentos instalados nela.

Tabela V.3.4.2-1: Dados Operacionais das linhas recuperadas nos dois primeiros ciclos das LFI's.

Ciclo / Linha	Prof. (m) / Prof. Local (m)	Equip. / Hidrofone	Primeiro Arquivo	Último Arquivo	# Arq.	Gravação (horas)
C01 / FA01	50 / 2.200	AMAR092 / C000812	20171028 130001	20180612 195001	32.730	763,7
C01 / FA01	200 / 2.200	AMAR115 / C000813	20171028 130001	20180612 205001	32.736	763,8
C01 / FA01	950 / 2.200	AMAR165 / C000802	20171028 130001	20180612 140001	32.696	762,9
C01 / FA02	50 / 2.000	AMAR045 / M14-C000807	20171016 130001	20180412 164001	25.655	598,6
C01 / FA02	200 / 2.000	AMAR096 / M14-C000809	20171016 130001	20180412 164001	25.655	598,6
C01 / FA02	950 / 2.000	AMAR116 / M36-C000056	20171016 130001	20180412 180001	25.663	598,8
C01 / FA03	50 / 2.850	AMAR038 / M14-C000803	20171029 180001	20180507 130001	27.331	637,7
C01 / FA03	200 / 2.850	AMAR122 / M14-C000805	20171029 180001	20180507 124001	27.329	637,7
C01 / FA03	950 / 2.850	AMAR146 / M14-C000811	20171029 180001	20180507 132001	27.333	637,8
C01 / FA04	50 / 1.100	AMAR124 / M14-C000806	20171019 160001	20180422 122001	26.619	621,1
C01 / FA04	200 / 1.100	AMAR147 / M14-C000808	20171019 160001	20180422 124001	26.621	621,1
C01 / FA04	950 / 1.100	AMAR148 / M14-C000804	20171019 160001	20180422 144001	26.633	621,4
C01 / FA05	50 / 1.100	AMAR169 / M36-B000905	20170924 140001	20180327 202001	26.535	619,2
C01 / FA05	200 / 1.100	AMAR164 / M36-B002479	20170924 140001	20180327 203001	26.536	619,2
C01 / FA05	950 / 1.100	AMAR187 / M36-B000907	20170924 140001	20180327 231001	26.552	619,5
C02 / FA02	50 / 2.000	AMAR045 / M14-C000807	20180413 190001	20181106 130001	26.701	693,0
C02 / FA02	200 / 2.000	AMAR096 / M36-C000056	20180413 190001	20181106 135001	26.704	693,1
C02 / FA02	950 / 2.000	AMAR116 / M14-C000809	20180413 190001	20181106 143001	29.708	693,1
C02 / FA03	50 / 2.850	AMAR038 / M14-C000803	20180510 142001	20181213 112001	31.231	728,7
C02 / FA03	200 / 2.850	AMAR122 / M36-B000907	20180510 144001	20181213 114001	31.231	728,8
C02 / FA03	950 / 2.850	AMAR146 / M14-C000811	20180510 154001	20181213 130001	31.233	728,8
C02 / FA04	50 / 1.100	AMAR169 / M14-C000806	20180422 180001	20181209 160041	32.708	763,8
C02 / FA04	200 / 1.100	AMAR164 / M36-B002479	20180422 180001	20181209 153000	32.660	762,1
C02 / FA04	950 / 1.100	AMAR187 / M14-C000804	20180422 182001	20181209 163711	32.734	763,8
C02 / FA05	50 / 1.100	AMAR058 / M14-B000810	20180426 163001	20181102 120001	27.334	637,8
C02 / FA05	200 / 1.100	AMAR124 / M36-B000905	20180426 173001	20181102 121001	27.329	637,7
C02 / FA05	950 / 1.100	AMAR147 / M14-C000808	20180426 160001	20181102 133001	27.346	638,0



---

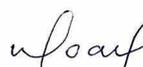
Ciclo / Linha	Prof. (m) / Prof. Local (m)	Equip. / Hidrofone	Primeiro Arquivo	Último Arquivo	# Arq.	Gravação (horas)
				TOTAIS	773.543	18.189,8

---



  
\_\_\_\_\_  
Coordenador da Equipe



  
\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## **V.4 ANÁLISES PRELIMINARES NO PERÍODO**

Após o processamento dos sinais e a extração de seus parâmetros, foram realizadas visualizações destes resultados com os objetivos de familiarização com as ferramentas de processamento e de aperfeiçoamento de metodologias de qualificação e de detecção de eventos. Esta seção apresenta os resultados de algumas destas análises e a consequente identificação de alguns eventos.

### **V.4.1 ANÁLISES TEMPORAIS**

#### **V.4.1.1 AVALIAÇÃO DOS SINAIS GRAVADOS PELOS OSs**

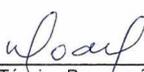
Durante o período em que os sistemas de aquisição permaneceram instalados nos observatórios submarinos, foram realizadas gravações de forma contínua em arquivos sequenciais em quase todos os ciclos. Numa análise preliminar nos dados da primeira campanha, na Baía de Guanabara, foi possível verificar que os sinais nas gravações apresentaram amplitudes adequadas à faixa dinâmica dos equipamentos, não sendo estas amplitudes muito baixas, onde poderia haver contaminação com os ruídos inerentes da conversão analógico-digital, nem muito altas, onde poderiam provocar a distorção dos sinais por saturação.

Na Figura V.4.1.1-1, é apresentado um exemplo de trecho de sinal com o ruído ambiente, obtido por um OS. Pode-se observar a presença de alguns pulsos no sinal, que correspondem a cliques não classificados produzidos, provavelmente, pela vida marinha local. Estes cliques devem ser considerados como parte do ruído ambiente.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

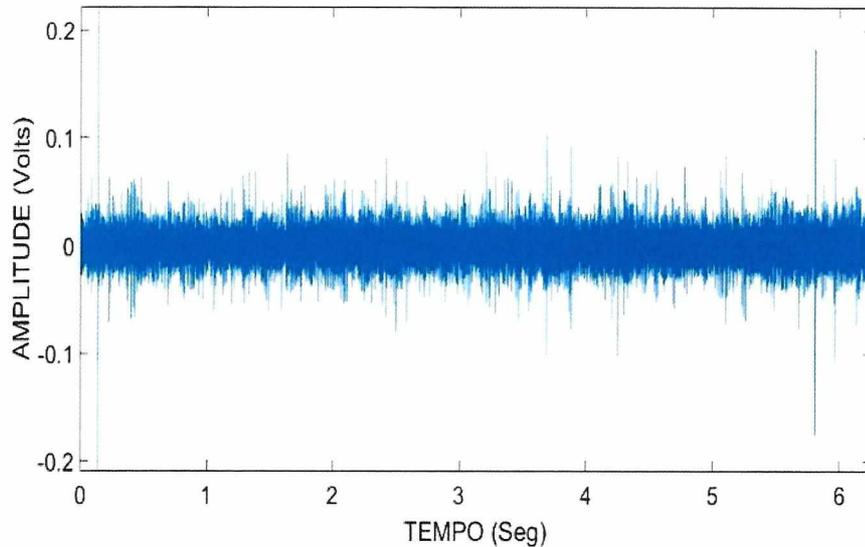


Figura V.4.1.1-1: Trecho de sinal com o ruído ambiente.

Um dos objetivos principais dos observatórios submarinos é a obtenção do nível da fonte (**SL = Source Level**) de navios da Petrobras e de terceiros que trafeguem próximo aos OS. Os SL destes navios são usados nos modelos para a construção de mapas geográficos com níveis de ruído na Bacia de Santos. A Figura V.4.1.1-2 mostra, como exemplo, o sinal captado no OS da Baía de Guanabara durante a passagem de dois navios, podendo-se observar as elevações dos níveis do sinal acústico em torno dos tempos de 3 min e de 9 min.

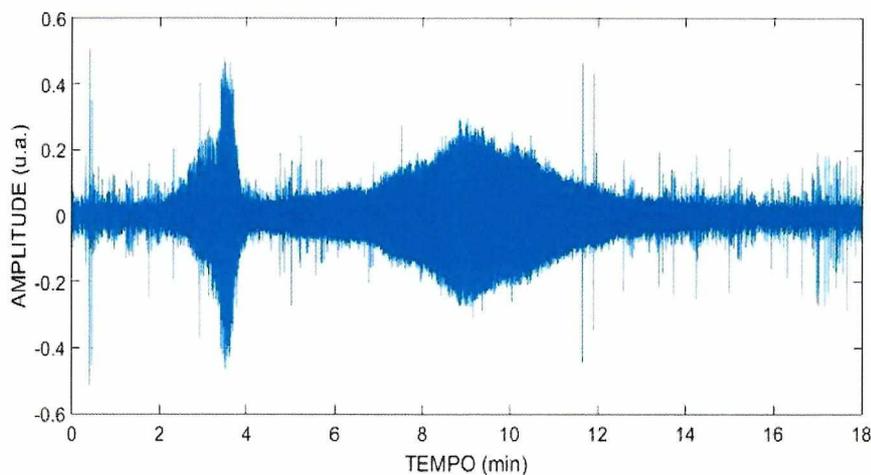


Figura V.4.1.1-2: Exemplo de sinal de passagem de dois navios captados no OS da Baía de Guanabara.

Na Figura V.4.1.1-3, é apresentado um espectrograma de 1/3 de oitava correspondente a cerca de seis minutos de gravação em um trecho em que se pode observar a passagem de um navio.

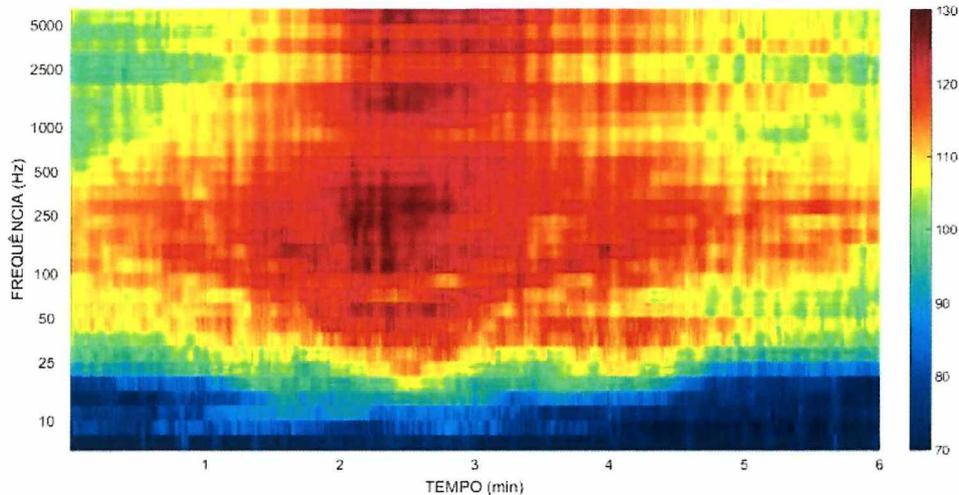


Figura V.4.1.1-3: Espectrograma de sinais durante a passagem de um navio, em dB re 1  $\mu$ Pa.

#### V.4.1.2 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (OSs)

São apresentados a seguir exemplos da evolução temporal do parâmetro espectral  $SPL_{50P}$  das observações obtidas pelos OSs.

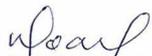
##### A) BAÍA DA GUANABARA (OS1)

A Figura V.4.1.2-1 apresenta a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  durante a campanha L53 (OS1-24), realizada na Baía de Guanabara e iniciada em 23 de novembro de 2018, com duração de 58 dias. Nela, os picos estreitos correspondem a ruídos irradiados por navios, durante a sua passagem, mas podem-se observar flutuações na base da curva, que corresponderia ao ruído ambiente.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

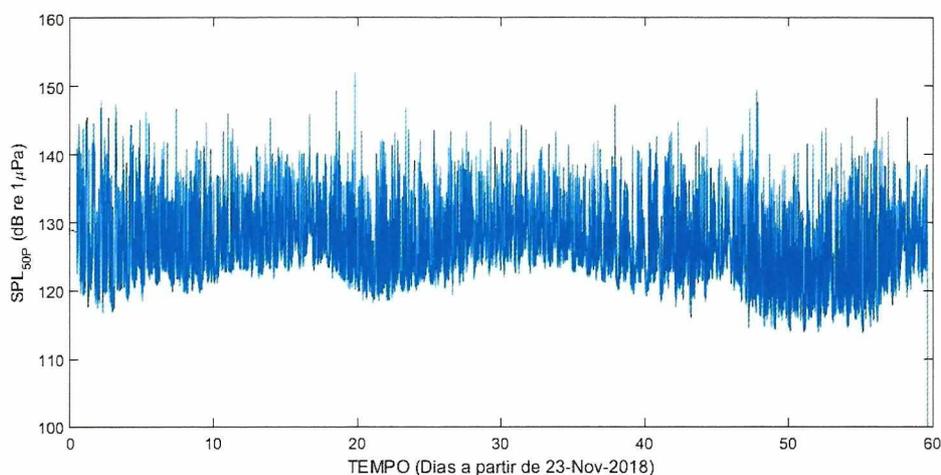


Figura V.4.1.2-1: Evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  na Baía de Guanabara (OS1).

Para melhor observar a flutuação do SPL correspondente ao ruído ambiente, foi feita uma ampliação para representar apenas quatro dias, apresentada na Figura V.4.1.2-2. A figura mostra alguns picos correspondendo à passagem de navios e, também, uma flutuação do SPL durante algumas horas, com elevação de cerca de até 20 dB e parecendo se repetir diariamente. As causas desta flutuação ainda não foram investigadas.

Na Figura V.4.1.2-3, no gráfico superior, são apresentados os valores de  $SEL_{24H}$  calculados a partir dos dados do  $SPL_{50P}$  para os dados qualificados gravados no OS1, seguindo a metodologia descrita no Apêndice F, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devida ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.



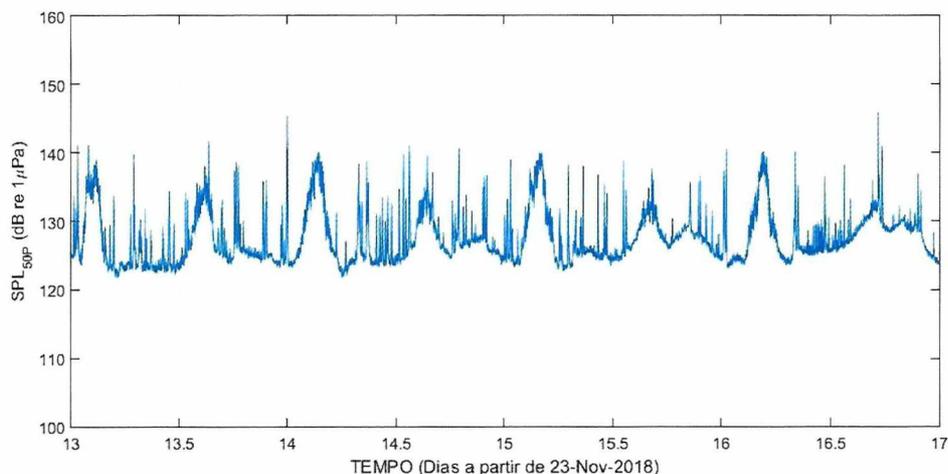


Figura V.4.1.2-2: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-1 com a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  no OS1.

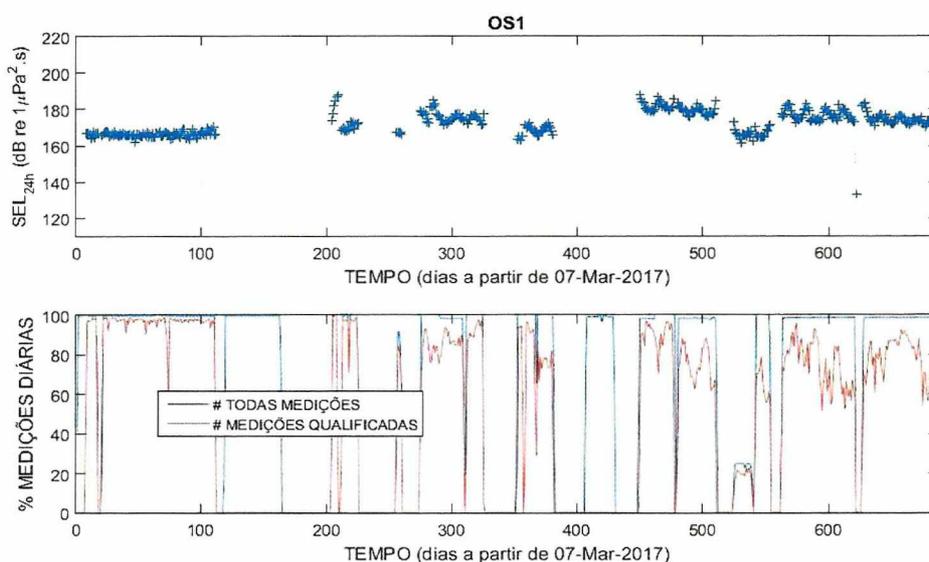


Figura V.4.1.2-3:  $SEL_{24H}$  em  $dB$  re  $1 \mu Pa^2.s$  (gráfico superior) calculados a partir dos dados qualificados do OS1 e percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e efetivamente usadas para o cálculo.

Os gráficos a seguir mostram os Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) correspondentes aos filtros de 1/3 de oitava centrados nas frequências de 63 Hz (Figura V.4.1.2-4) e de 125 Hz (Figura V.4.1.2-5). Cada coluna da figura corresponde a um dia de medição, sendo que o eixo vertical corresponde às horas do dia e o eixo horizontal ao número de dias a partir do dia 07 de março de 2017. Nestas figuras, são apresentados dados de 18 ciclos efetuados no



observatório submarino da Baía de Guanabara (OS1-1 a OS1-24) até o final de 2018. Nos ciclos OS1-4, OS1-8, OS1-12, OS1-14, OS1-16 e OS1-17, os dados não puderam ser usados pelos problemas listados na Tabela V.3.3.1-1. A grande quantidade de pontos com SPL alto está associada à passagem de embarcações. Nas figuras, os trechos em branco correspondem a trechos sem medição onde o equipamento foi retirado para manutenção ou em que os dados não puderam ser aproveitados.

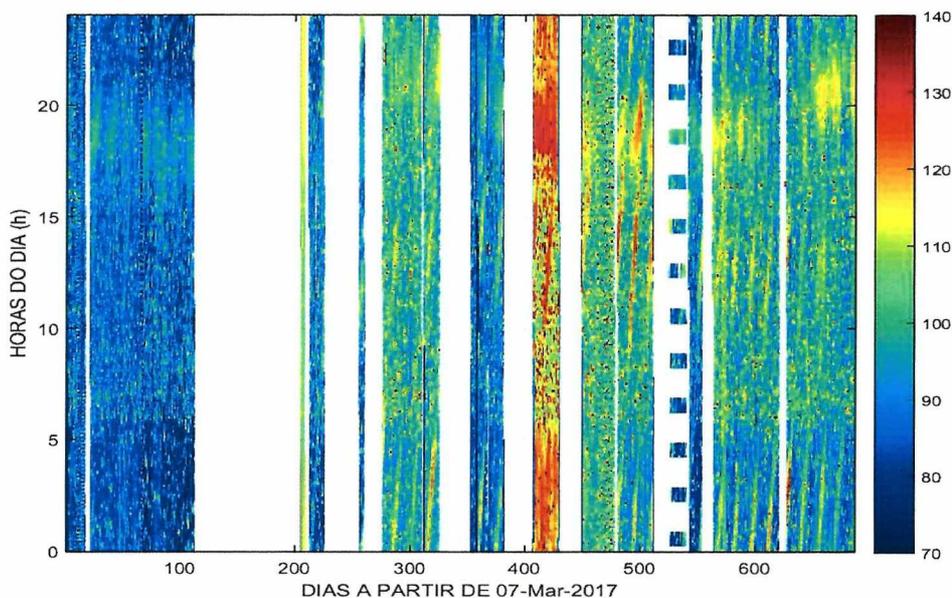


Figura V.4.1.2-4:  $SPL_{esp,50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.

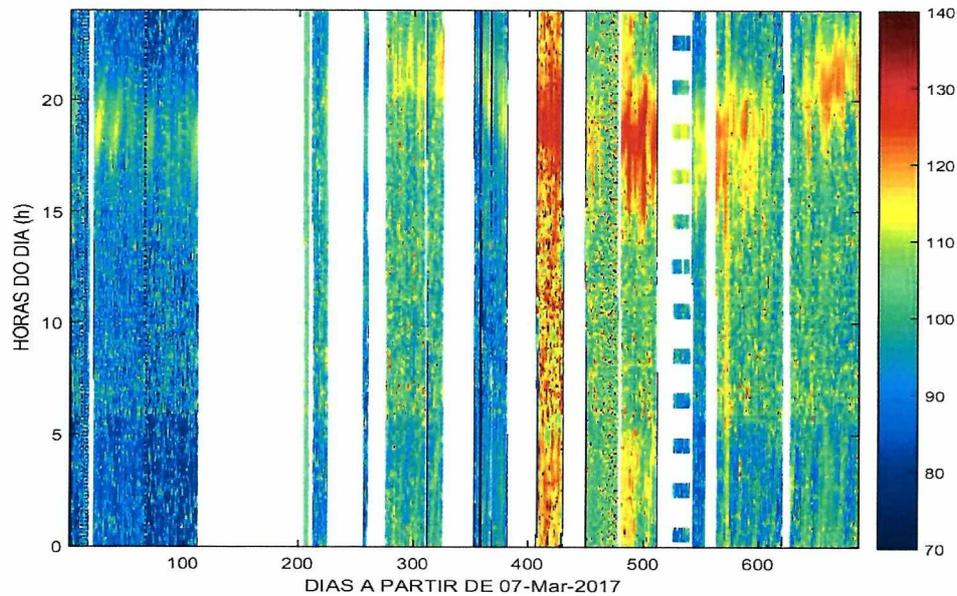


Figura V.4.1.2-5:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.

Percebe-se a existência de padrões que ocorrem predominantemente ao fim da tarde e início da noite. Não foram identificadas as fontes destes ruídos.

As Figuras V.4.1.2-6 e V.4.1.2-7 mostram o  $SPL_{50P}$  para os filtros de 1/3 de oitava com frequências centrais em 500 Hz e 1.000 Hz. Também nestes gráficos é possível ver uma elevação da energia no início do período da noite, cujas fontes geradoras ainda não foram identificadas.



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

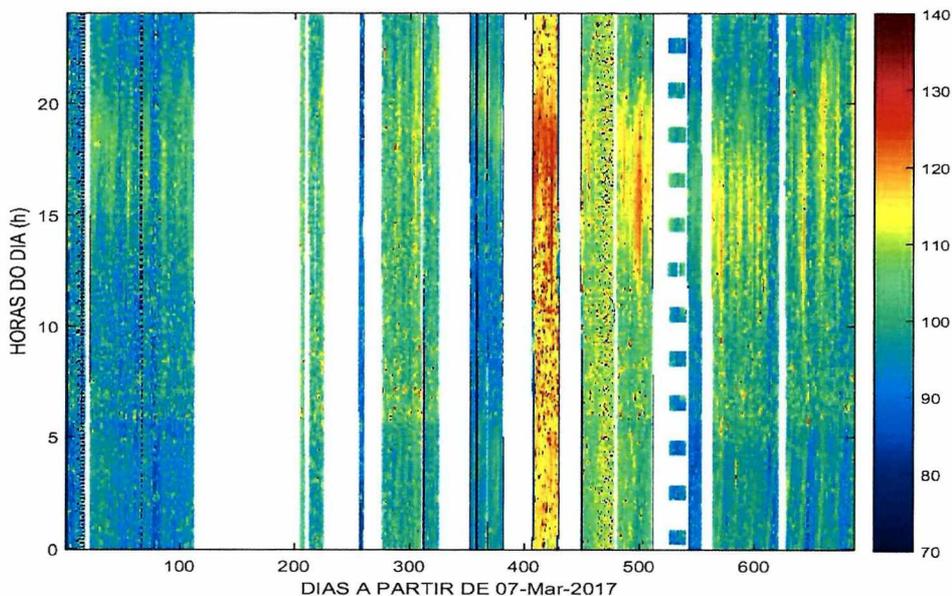


Figura V.4.1.2-6:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.

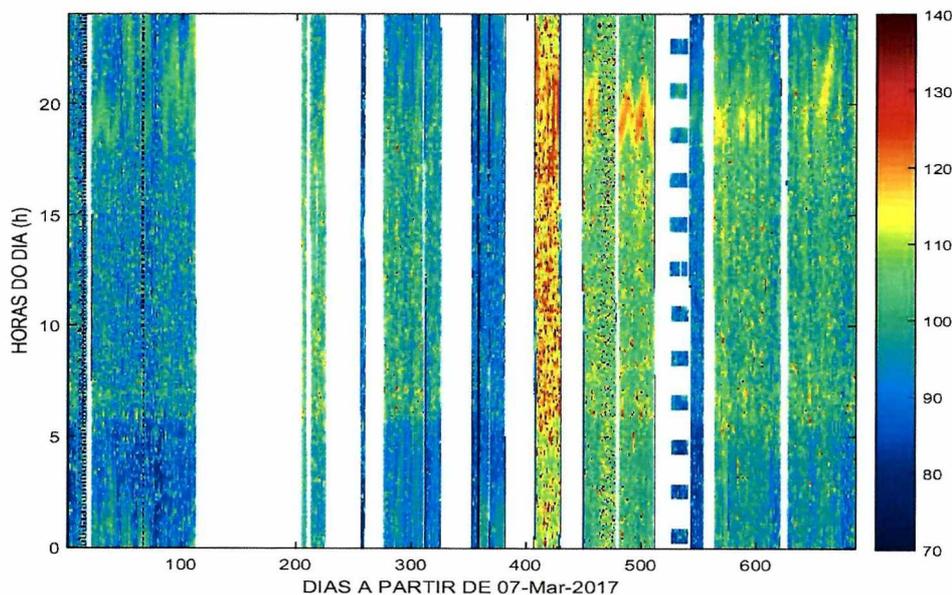


Figura V.4.1.2-7:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1.

## B) BAÍA DA ILHA GRANDE (OS2)

A Figura V.4.1.2-8 apresenta a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  durante a campanha L54 (OS2-13), realizada na Baía de Ilha Grande (OS2) e iniciada em 15 de dezembro de 2018, com duração de 44 dias.

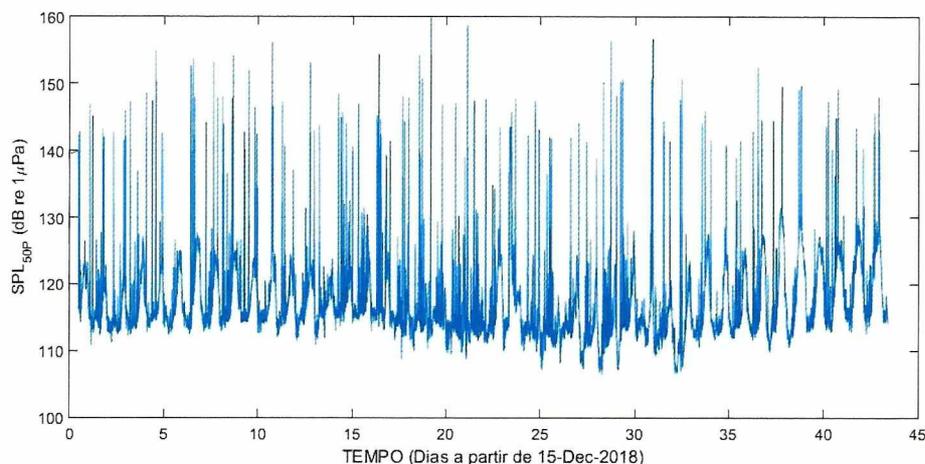


Figura V.4.1.2-8: Evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  na Baía de Ilha Grande (OS2).

A Figura V.4.1.2-9 é uma ampliação de um trecho de cinco dias da Figura V.4.1.2-8. A figura mostra alguns picos que correspondem à passagem de embarcações pelo OS e, também, uma flutuação do SPL que dura algumas horas, com elevação de cerca de 15 dB e parecendo se repetir diariamente.

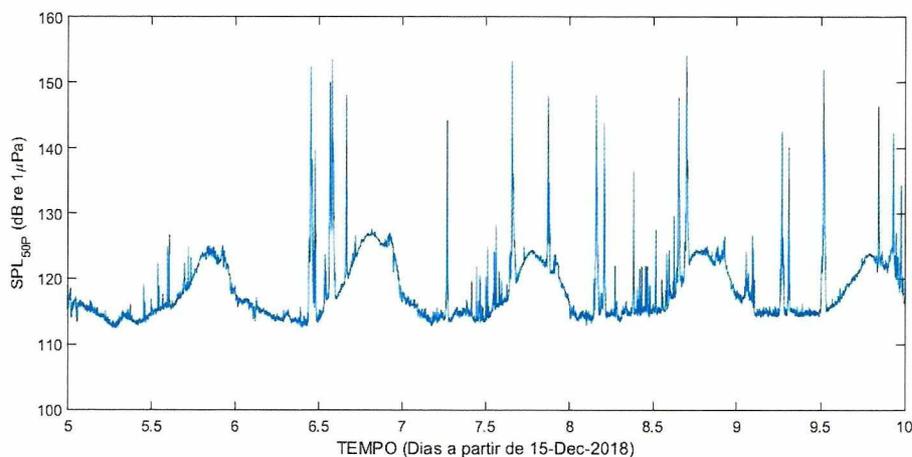


Figura V.4.1.2-9: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-8, com intervalo de cinco dias, mostrando a evolução do parâmetro  $SPL_{50P}$  na Baía de Ilha Grande (OS2).

Na Figura V.4.1.2-10, no gráfico superior, são apresentados os valores de  $SEL_{24H}$  calculados a partir dos dados do  $SPL_{50P}$  para os dados qualificados gravados no OS2, seguindo a metodologia descrita no Apêndice F, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devida ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.

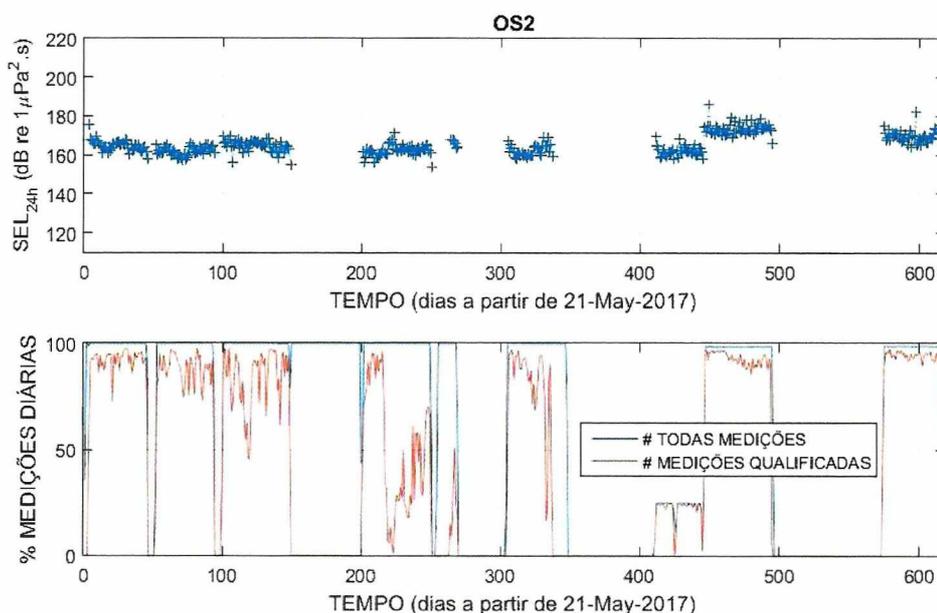


Figura V.4.1.2-10:  $SEL_{24H}$  (gráfico superior) calculados a partir dos dados qualificados do OS2 e percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e efetivamente usadas para o cálculo.

A seguir são mostrados gráficos para os Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) correspondentes aos filtros de 1/3 de oitava centrados nas frequências de 63 Hz (Figura V.4.1.2-11) e de 125 Hz (Figura V.4.1.2-12). Cada coluna da figura corresponde a um dia de medição, sendo que o eixo vertical corresponde às horas do dia e o eixo horizontal ao número de dias a partir do dia 21 de maio de 2017. Nestas figuras, são apresentados dados de dez ciclos efetuados no observatório submarino da Baía da Ilha Grande (OS2-1 a OS2-13)



até o final de 2018. Nos ciclos OS2-4, OS2-8 e OS2-12, os dados não puderam ser usados pelos problemas listados na Tabela V.3.3.1-1. A grande quantidade de pontos com SPL alto está associada à passagem de embarcações.

Na Figura V.4.1.2-12, pode-se observar, também, a existência de elevações de energia ao final dos dias, sem que tenham sido identificadas as fontes destes ruídos. As faixas em branco no meio do gráfico correspondem a períodos entre ciclos onde não foram coletados dados.

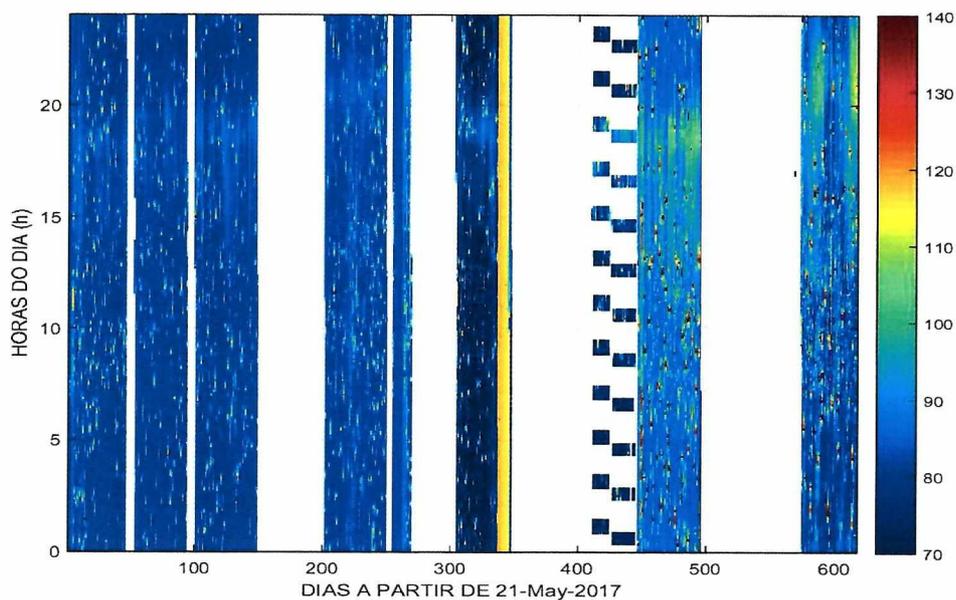


Figura V.4.1.2-11:  $SPL_{esp,50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.

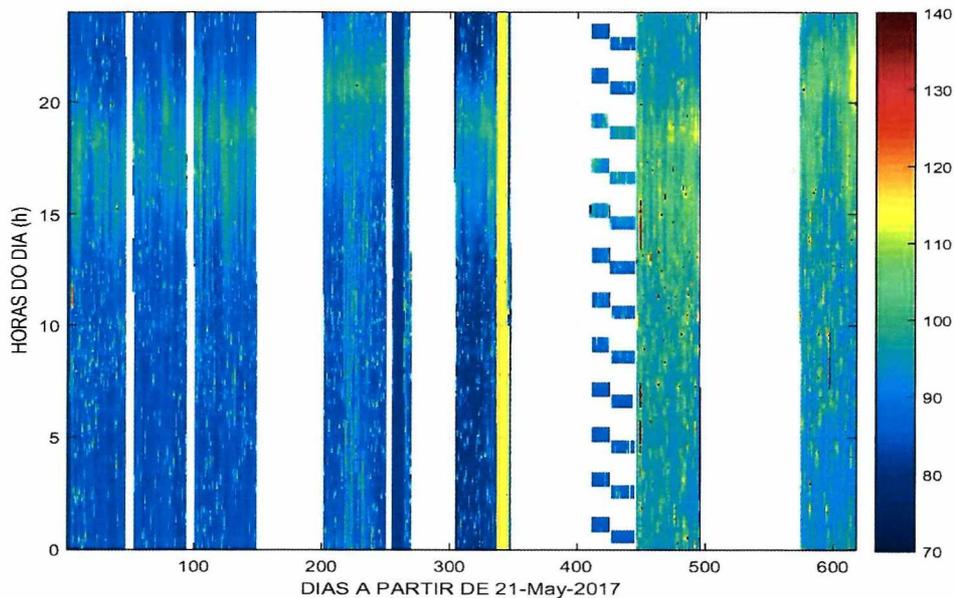


Figura V.4.1.2-12:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.

O SPL para os filtros de 1/3 de oitava nas frequências de 500 Hz e 1.000 Hz foi investigado nas Figuras V.4.1.2-13 e V.4.1.2-14. Estes gráficos também mostram a elevação cíclica de energia no fim da tarde e início da noite. Existe uma diferença nas faixas de horários observadas nestas figuras, podendo indicar que estes ruídos correspondam a fontes geradoras diferentes.



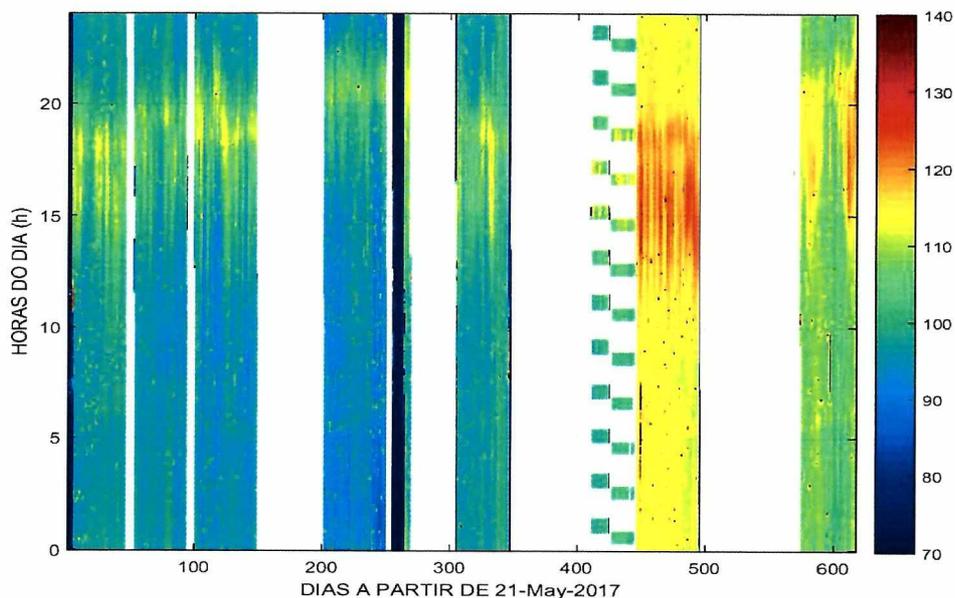


Figura V.4.1.2-13:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.

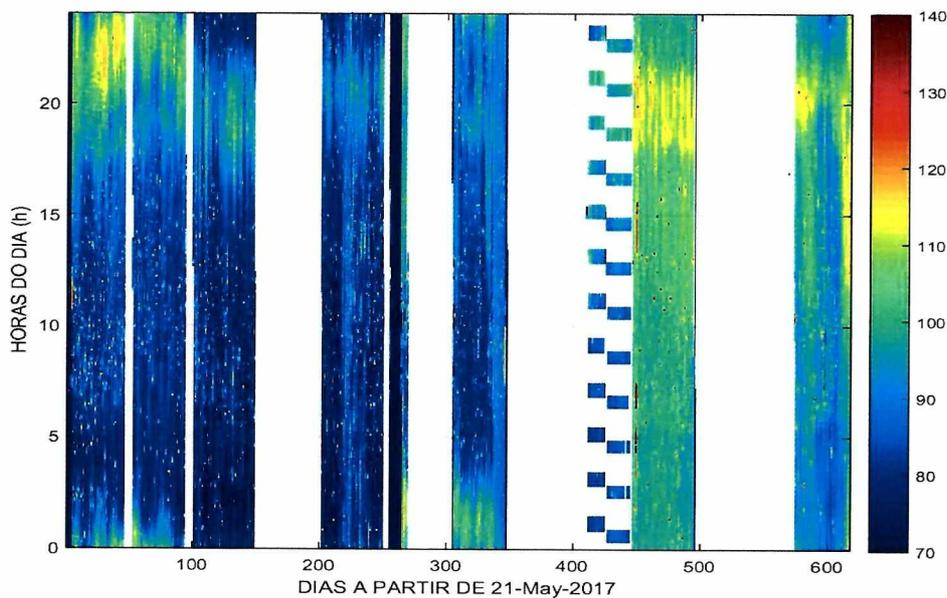


Figura V.4.1.2-14:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.

A Figura V.4.1.2-15 apresenta um espectrograma cobrindo as 24 horas do dia 21 de setembro de 2017, mostrando as elevações do SPL em torno das frequências de 300 Hz e de 800 Hz, que ocorrem no período noturno.

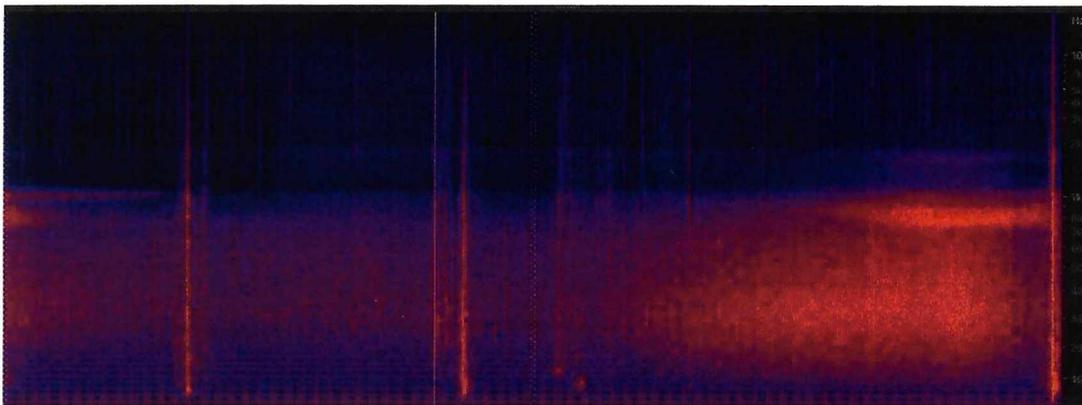


Figura V.4.1.2-15: Espectrograma dos sinais gravados no OS2 durante 24 horas, no dia 21 de setembro de 2017.

### C) CANAL DO PORTO DE SÃO SEBASTIÃO (OS3)

A Figura V.4.1.2-16 apresenta a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  durante a campanha L52, realizada no Canal do Porto de São Sebastião e iniciada em 07 de novembro de 2018, com duração de 47 dias. Neste gráfico, que apresenta uma parte dos dados coletados, é possível ver uma série de picos que correspondem à passagem de embarcações pelo OS e também uma flutuação do SPL durante algumas horas, com elevação de até 20 dB e parecendo se repetir diariamente. Para melhor observar estas variações diárias, a Figura V.4.1.2-17 mostra uma ampliação de apenas cinco dias dos dados da Figura V.4.1.2-16.

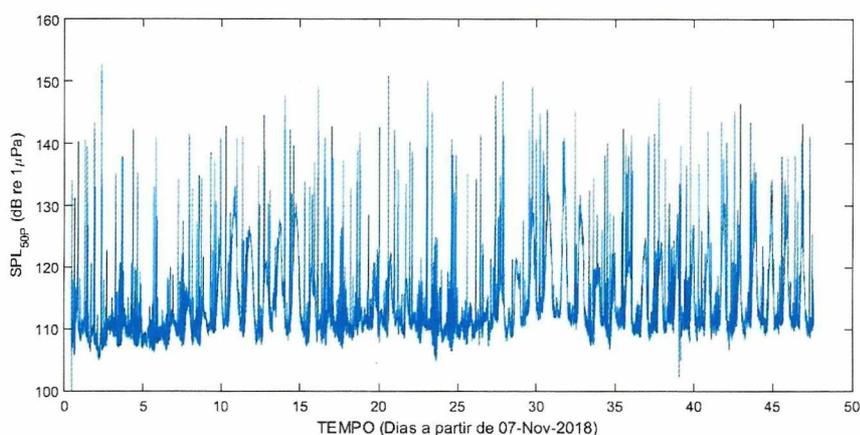


Figura V.4.1.2-16: Evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  no OS3.



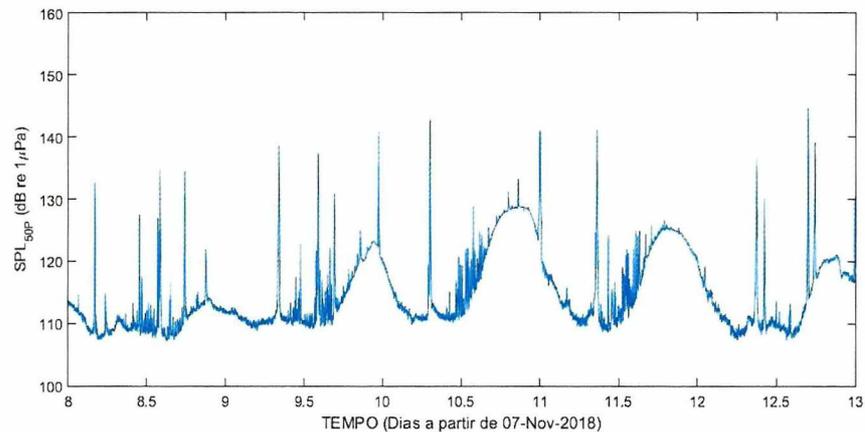


Figura V.4.1.2-17: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-16.

Na Figura V.4.1.2-18, no gráfico superior, são apresentados os valores de  $SEL_{24H}$  calculados a partir dos dados do  $SPL_{50P}$  para os dados qualificados gravados no OS3, seguindo a metodologia descrita no Apêndice F, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devida ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.



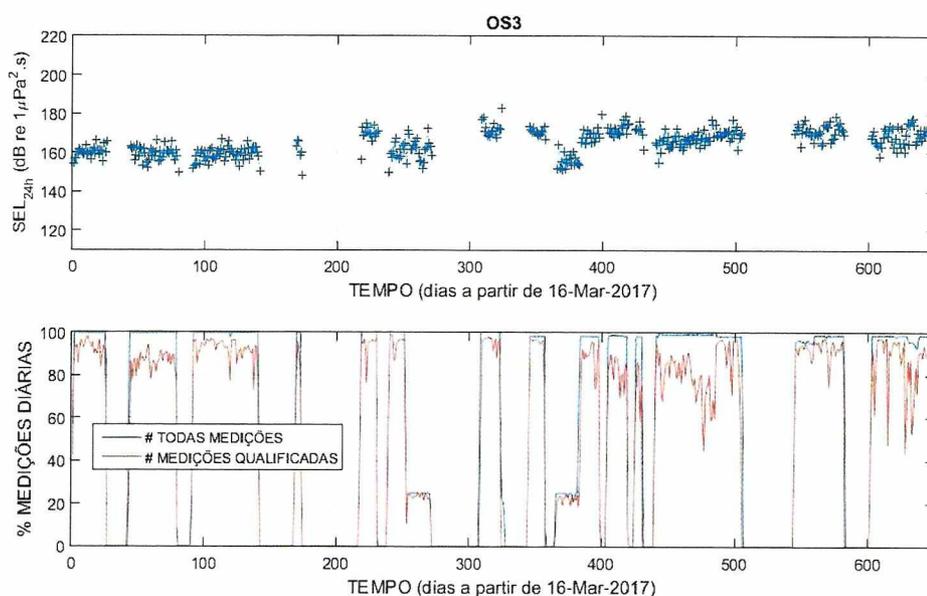


Figura V.4.1.2-18:  $SEL_{24H}$  (gráfico superior) calculados a partir dos dados qualificados do OS3 e percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e efetivamente usadas para o cálculo.

A seguir são mostrados gráficos para os Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) correspondentes aos filtros de 1/3 de oitava centrados nas frequências de 63 Hz (Figura V.4.1.2-19) e de 125 Hz (Figura V.4.1.2-20). Cada coluna da figura corresponde a um dia de medição, sendo que o eixo vertical corresponde às horas do dia e o eixo horizontal ao número de dias a partir do dia 16 de março de 2017. Nestas figuras, são apresentados dados de quinze ciclos efetuados até o final de 2018 no observatório submarino de São Sebastião (OS3-1a OS3-15). A grande quantidade de pontos com SPL alto está associada à passagem de embarcações. As faixas em branco correspondem a períodos entre ciclos onde não foram coletados dados.



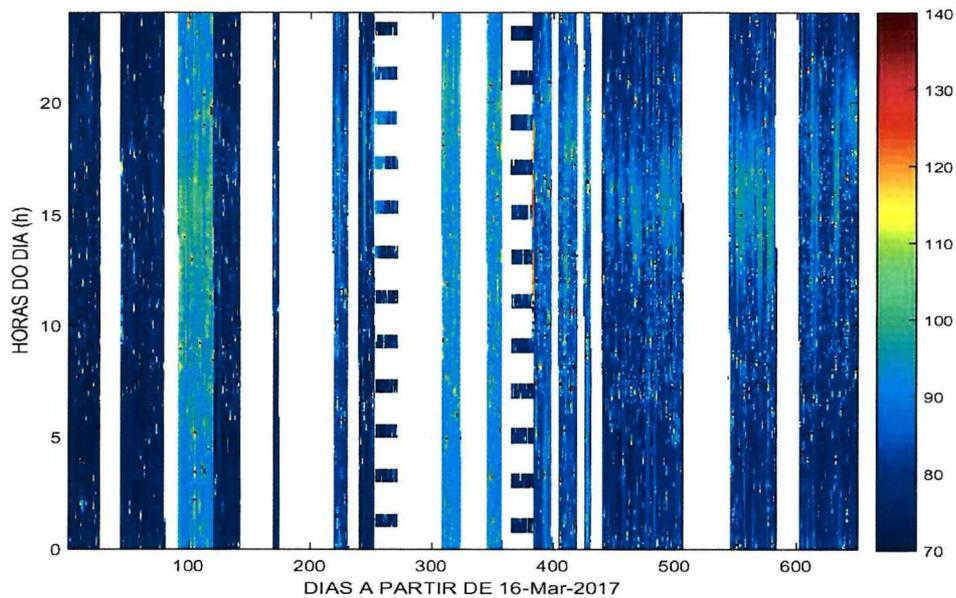


Figura V.4.1.2-19:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.

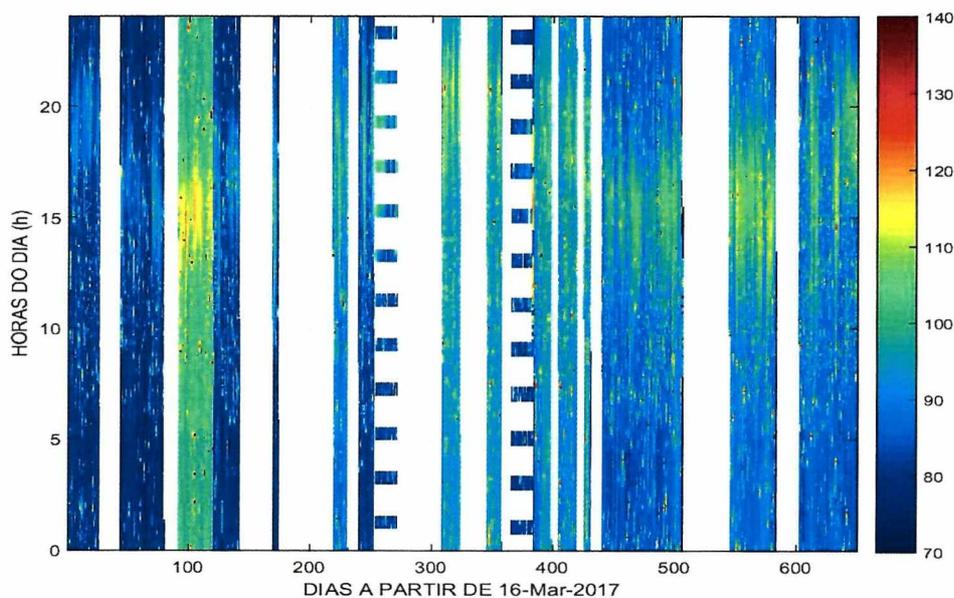


Figura V.4.1.2-20:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.

Nas Figuras V.4.1.2-21 e V.4.1.2-22, é apresentado o SPL para os filtros de 1/3 de oitava com frequências centrais de 500 Hz e 1.000 Hz,

respectivamente, mostrando uma elevação de energia que ocorre em torno de 20h.

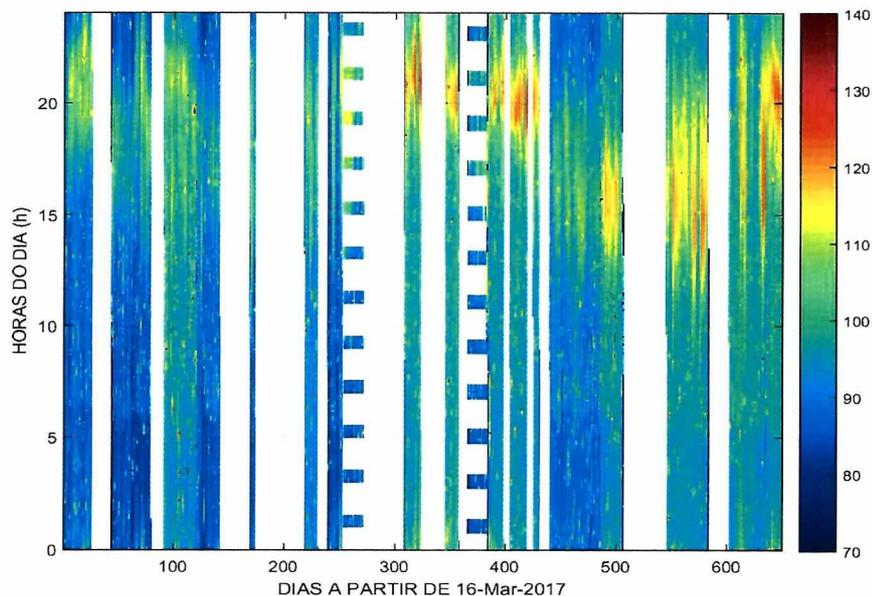


Figura V.4.1.2-21:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.

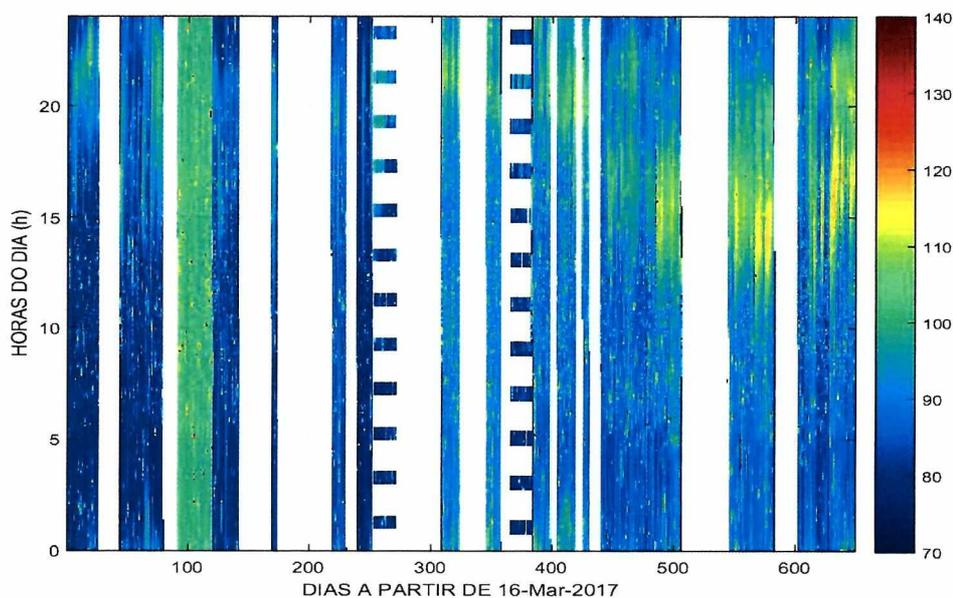


Figura V.4.1.2-22:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.

### V.4.1.3 DETECÇÃO DE NAVIOS NOS OSs

A Tabela V.4.1.3-1 apresenta o número de detecções de passagem de embarcações em cada lançamento. No total, foram detectadas 32.720 passagens de embarcações nas 27.424,8 horas gravadas nas campanhas apresentadas, sendo 20.808 detecções em 10.745,7 horas na Baía de Guanabara, 7.484 em 7.865,6 horas na Baía de Ilha Grande e 4.428 em 8.813,5 horas no Canal do Porto de São Sebastião. A Baía de Guanabara é a área mais movimentada, com uma média de 46,5 detecções por dia. A segunda área é a Baía de Ilha Grande, com média de 22,8 detecções por dia e por último fica o Canal do Porto de São Sebastião, com média de 12,1 detecções por dia.

Pode ocorrer de uma mesma embarcação ser detectada mais de uma vez nos OSs. Para identificar as embarcações, foi feita a correlação dos tempos das detecções com informações do sistema AIS (do inglês, *Automatic Identification System*). Foi possível correlacionar 6.105 detecções com o AIS de embarcações, correspondendo a 1.254 diferentes embarcações. O maior número de detecções correlacionadas com o AIS ocorreu na Baía de Guanabara, com 5.588 detecções, seguido pela Baía de Ilha Grande, com 356 detecções e pelo Canal do Porto de São Sebastião, com 161 detecções. Destas embarcações com AIS, foram detectadas 2.367 a serviço da Petrobras na Baía de Guanabara, 2 na Baía de Ilha Grande e 92 no Canal do Porto de São Sebastião.

Tabela V.4.1.3-1: Número de embarcações detectadas em cada lançamento.

Campanha / Local	Número de embarcações	Com AIS	Navio BR	Tempo de gravação (horas)*	Total de embarcações / dia
L01 – BG	872	209	138	360,0	58,1
L03 – SB	189	3	0	607,0	7,5
L04 – BG	2.391	350	291	1.079,8	53,1
L06 – SB	287	34	12	854,5	8,0
L07 – BG	2.452	513	363	1.123,8	52,4
L09 – IG	633	21	0	1.019,0	14,9
L10 – SB	236	2	2	691,8	8,2
L11 – BG	2.165	0	0	986,0	52,7
L12 – IG	453	2	0	1.004,1	10,8
L13 – SB	171	20	15	521,7	7,9
L14 – IG	885	99	0	1.175,1	18,1
L15 – SB	46	12	8	115,3	9,6
L16 – BG	79	41	12	83,1	22,8
L17 – BG	229	34	16	141,5	38,8
L18 – BG	287	117	39	167,4	41,1
L20 – SB	62	1	1	299,3	5,0
L22 – SB	70	18	12	316,8	5,3
L23 – BG	51	28	11	91,2	13,4



Campanha / Local	Número de embarcações	Com AIS	Navio BR	Tempo de gravação (horas)*	Total de embarcações / dia
L24 - SB	21	2	1	108,0	4,7
L25 - BG	565	291	164	825,6	16,4
L26 - IG	3.642	63	1	1.177,2	74,3
L27 - BG	749	200	88	323,6	55,6
L29.1 - SB	337	9	8	101,7	79,5
L29.2 - SB	157	3	3	645,0	5,8
L30 - IG	241	9	0	122,0	47,4
L32 - BG	526	93	38	337,1	37,4
L34 - BG	490	53	25	329,6	35,7
L35 - SB	136	1	0	100,5	32,5
L36 - IG	537	53	0	982,2	13,1
L38 - SB	692	1	1	853,5	19,5
L39 - BG	1.134	329	155	640,2	42,5
L40 - BG	546	243	128	331,5	39,5
L41 - SB	640	19	9	1.088,5	14,1
L42 / BG	1.824	803	375	753,5	58,1
L43 / IG	31	9	0	77,0	9,7
L44 / IG	27	8	0	108,0	6,0
L45 / IG	440	86	1	1.182,2	8,9
L46 / BG	238	30	10	88,0	64,9
L47 / BG	545	298	132	294,3	44,4
L48 / SB	333	19	6	502,6	15,9
L49 / SB	368	2	2	895,3	9,9
L50 / BG	2.556	1301	34	1.385,5	44,3
L52 / SB	683	15	12	1.112,0	14,7
L53 / BG	3.109	655	254	1.404,0	53,1
L54 / IG	595	6	0	1.018,8	14,0
<b>TOTAIS</b>	<b>32.720</b>	<b>6105</b>	<b>2367</b>	<b>27.424,8*</b>	<b>28,6</b>
	(BG=20.808, IG=7484, SB=4.428)	(BG=5588, IG=356, SB=161)	(BG=2273, IG=2, SB=92)	(BG=10.745,7, IG=7.865,6, SB=8.813,5)	(BG=46,5, IG=22,8, SB=12,1)

\* O tempo de gravação utilizado para a detecção de embarcações é menor do que o tempo total gravado, mostrado na Tabela V.3.4.2-1 devido ao fato de algumas campanhas terem usado mais de um gravador instalados em paralelo, sendo usados os sinais de apenas um deles para a detecção.



#### V.4.1.4 DETECÇÃO DE BIOFONIA NOS GLIDERS

A detecção da biofonia foi realizada, inicialmente, de forma manual, seguindo procedimentos descritos em Delarue *et al.*, (2015), onde é indicado que uma análise de 5% dos dados permite se obter uma boa estimativa da presença de animais marinhos durante as medições. Estas detecções foram usadas para o desenvolvimento e teste de detectores automáticos que serão responsáveis pela detecção em todos os dados gravados.

Estes procedimentos foram usados na primeira campanha dos *gliders*, sendo analisados 398 arquivos com dois minutos de gravação cada. Foi observada a presença de vocalizações que foram associadas a odontocetos em 109 arquivos, sendo que em 86 deles apareceram cliques, em 65 apareceram assobios e em 29, sons pulsados. Em 24 arquivos foi registrada a presença de ruídos de gemidos ou cantos, associados a mysticetos.

A Figura V.4.1.4-1 apresenta o espectrograma de uma vocalização onde estão presentes assobios entre 7 e 14 kHz, e cliques acima de 20 kHz, associados, provavelmente, a odontocetos.

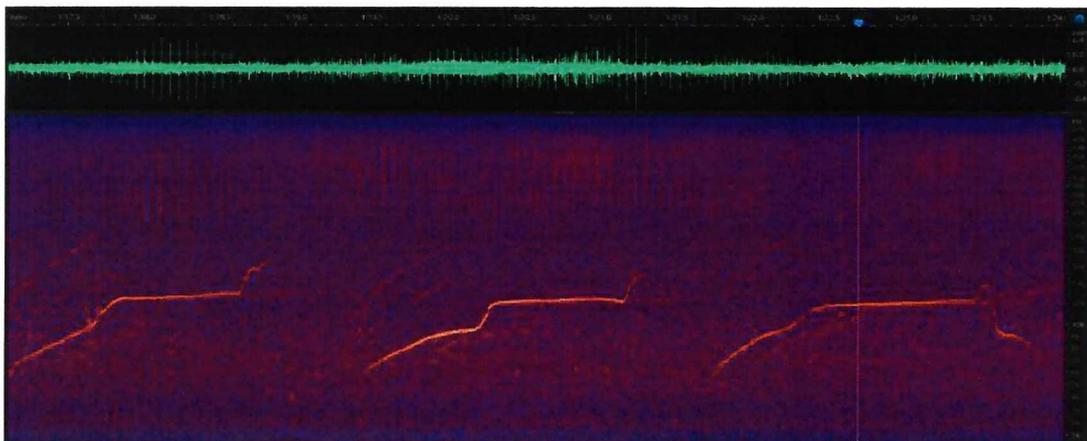


Figura V.4.1.4-1: Espectrograma de assobios e cliques associados, provavelmente à vocalização de odontocetos.

A Figura V.4.1.4-2 apresenta o espectrograma de uma vocalização onde estão presentes sons pulsados e cliques, em frequências acima de 10 kHz, também associados, provavelmente, a odontocetos.



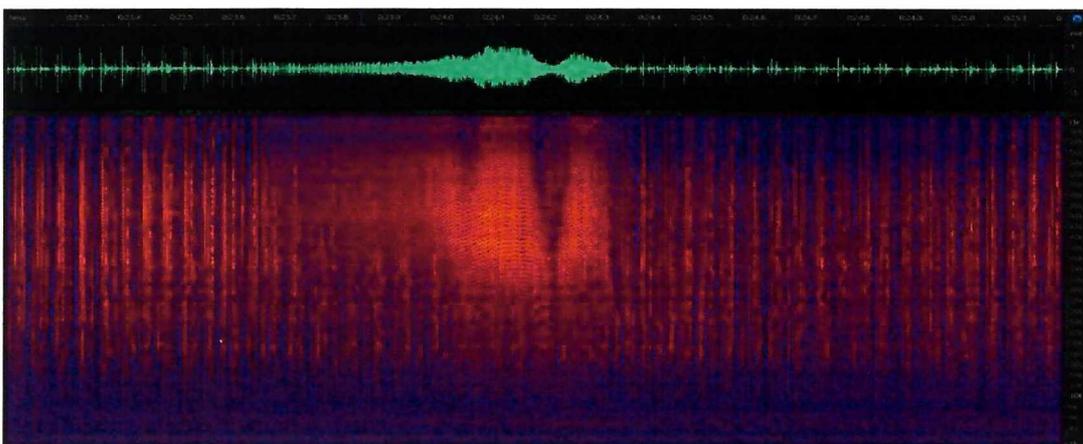


Figura V.4.1.4-2: Espectrograma de cliques e sons pulsados associados, provavelmente, à vocalização de odontocetos.

Já na Figura V.4.1.4-3, é apresentada uma vocalização em baixa frequência, correspondente a gemidos, em torno de 150 Hz e de 450 Hz, produzidos, provavelmente, por um mysticeto.

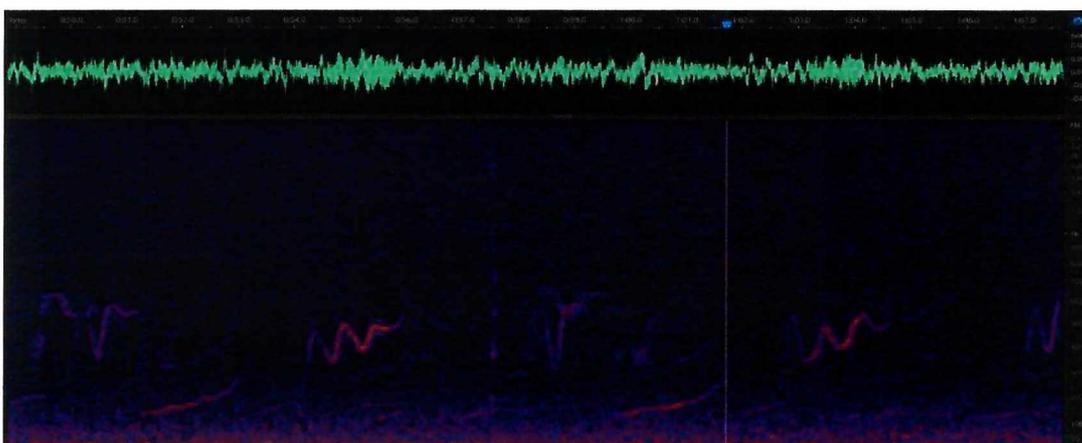


Figura V.4.1.4-3: Espectrograma de gemidos ou cantos produzidos, provavelmente, por um mysticeto.

### V.4.1.5 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (LFIs)

Nesta seção, é apresentado o Nível da Pressão Sonora total de percentil de 50% na banda de 10 Hz a 10 kHz ( $SPL_{50P}$ ) para as medições feitas pelas LFIs nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, referentes às duas primeiras campanhas realizadas até o final de 2018. Para cada LFI, é apresentado um conjunto de gráficos onde o primeiro gráfico apresenta, na parte superior, a variação temporal deste parâmetro, em função do dia da medição. Na parte inferior, são apresentados os mesmos dados em função da hora do dia da medição, para cada dia, sendo um gráfico para cada profundidade.

O segundo gráfico mostra, na parte superior, a intensidade da corrente oceânica medida junto a cada um dos sensores acústicos. Na parte inferior, são apresentados os valores de  $SPL_{50P}$  para os instantes de tempo em que a intensidade da corrente oceânica foi igual ou menor do que 13 cm/s. Na seção V.4.4.2, é mostrada a análise que levou à conclusão de que valores elevados de corrente provocam vibrações nas linhas, sendo estas a grande responsável pelo ruído captado pelos sensores.

#### A) FA01 – Região impactada por atividades de E&P e rota de navegação de apoio a E&P

A Figura V.4.1.5-1 apresenta todos os  $SPL_{50P}$  para a linha FA01, sem nenhum processo de qualificação. Esta linha gravou sinais acústicos apenas durante a campanha C01, não tendo sido usada na campanha C02. A Figura V.4.1.5-2 apresenta apenas os  $SPL_{50P}$  para os trechos onde a intensidade da corrente oceânica foi menor ou igual a 13 cm/s. Nesta figura, na parte superior, ao invés do parâmetro  $SPL_{50P}$ , foi apresentada a corrente oceânica medida em cada profundidade, sendo que a linha tracejada indica o limiar de 13 cm/s usado.



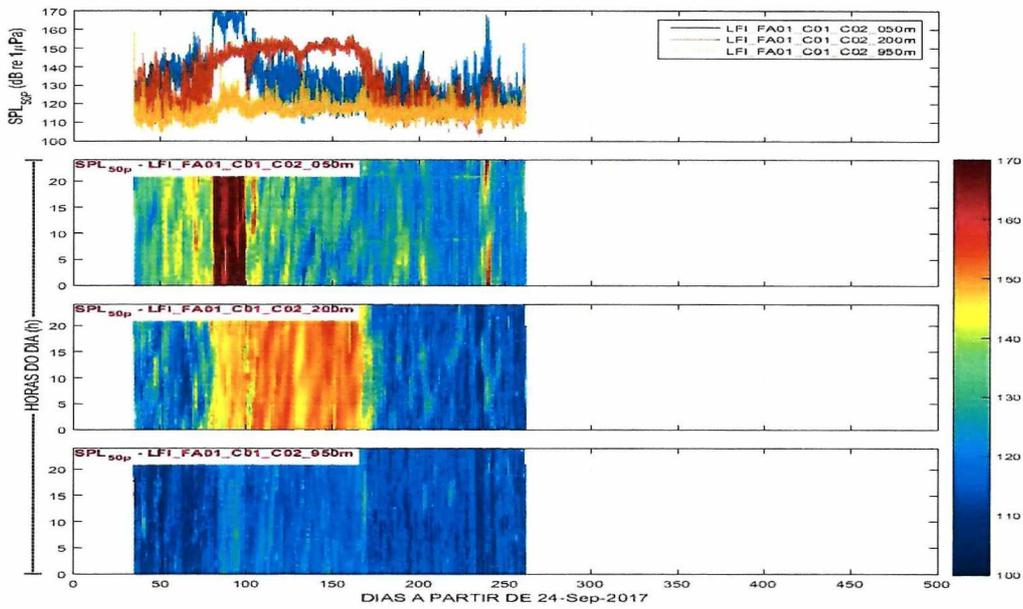


Figura V.4.1.5-1: LFI-FA01 -  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$  nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).

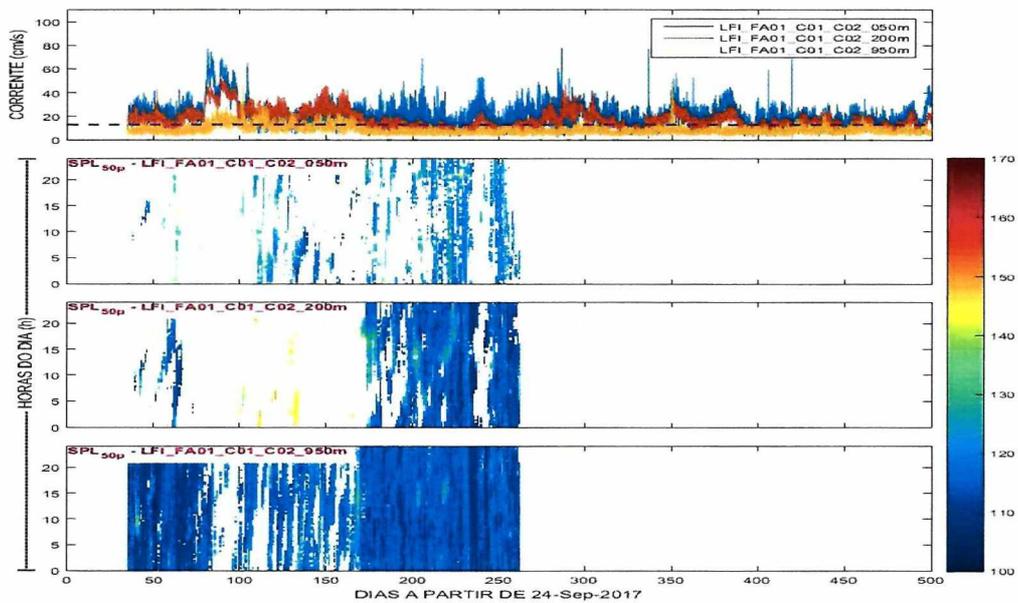


Figura V.4.1.5-2: LFI-FA01 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.



A partir do parâmetro  $SPL_{50P}$ , foi calculado o  $SEL_{24H}$  para as profundidades de 50 m (Figura V.4.1.5-3), 200 m (Figura V.4.1.5-4) e 950 m (Figura V.4.1.5-5) para a linha LFI-FA01, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico superior mostra o  $SEL_{24H}$  calculado utilizando dados qualificados considerando apenas as medições para as quais a corrente oceânica ficou abaixo de 13 cm/s. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devido ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.

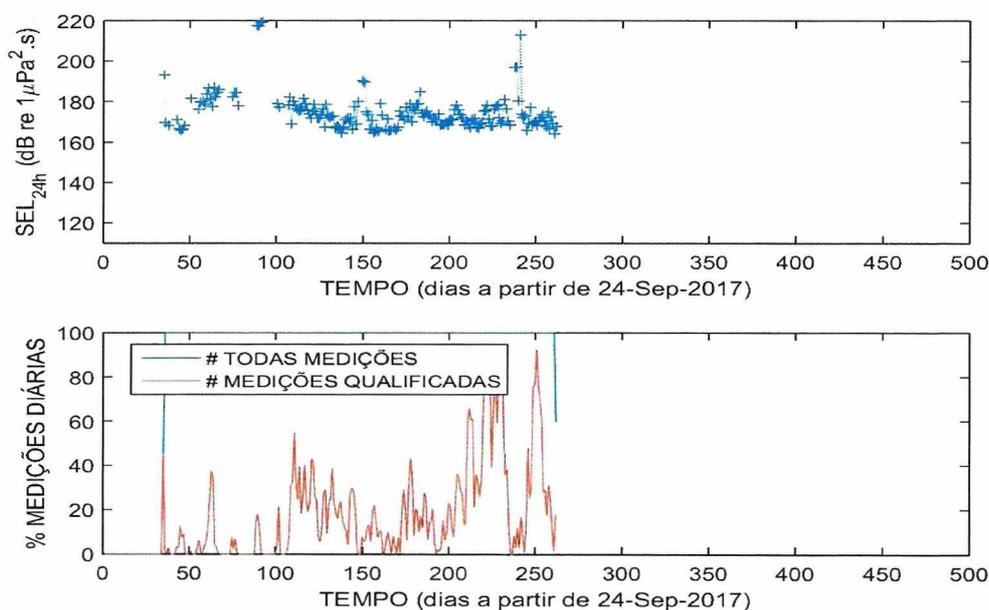


Figura V.4.1.5-3: LFI-FA01 –  $SEL_{24H}$  em dB re  $1 \mu Pa^2 \cdot s$  (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

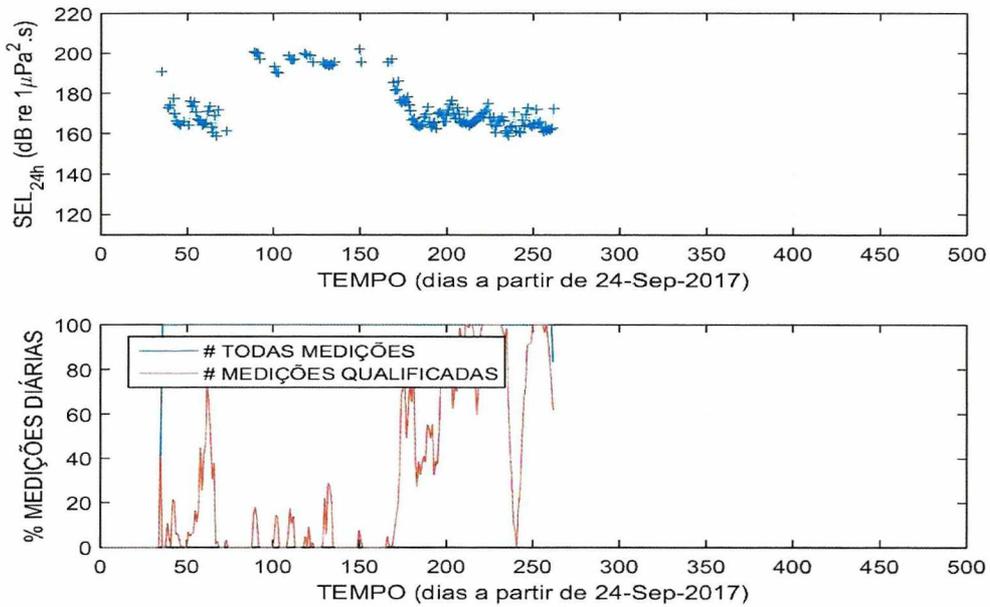


Figura V.4.1.5-4: LFI-FA01 –SEL<sub>24H</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

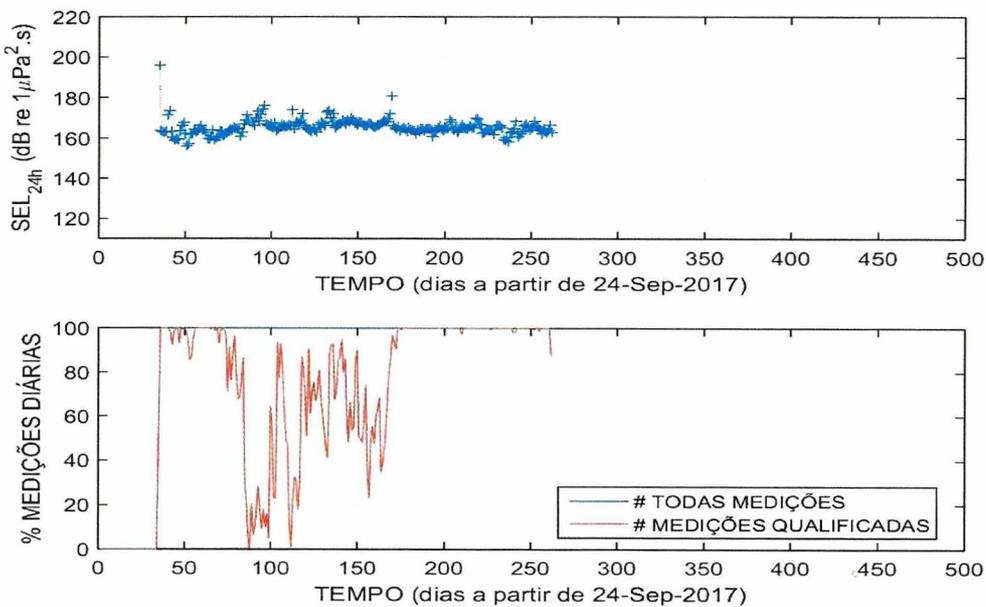


Figura V.4.1.5-5: LFI-FA01 –SEL<sub>24H</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

## B) FA02 – Região em desenvolvimento de atividade E&P e rota de navegação de apoio a E&P

A Figura V.4.1.5-6 apresenta todos os  $SPL_{50P}$  para a linha FA02, sem nenhum processo de qualificação. A Figura V.4.1.5-7 apresenta apenas os  $SPL_{50P}$  para os trechos onde a intensidade da corrente oceânica foi menor ou igual a 13 cm/s. Nesta figura, na parte superior, ao invés do parâmetro  $SPL_{50P}$ , foi apresentada a corrente oceânica medida em cada profundidade, sendo que a linha tracejada indica o limiar de 13 cm/s usado.

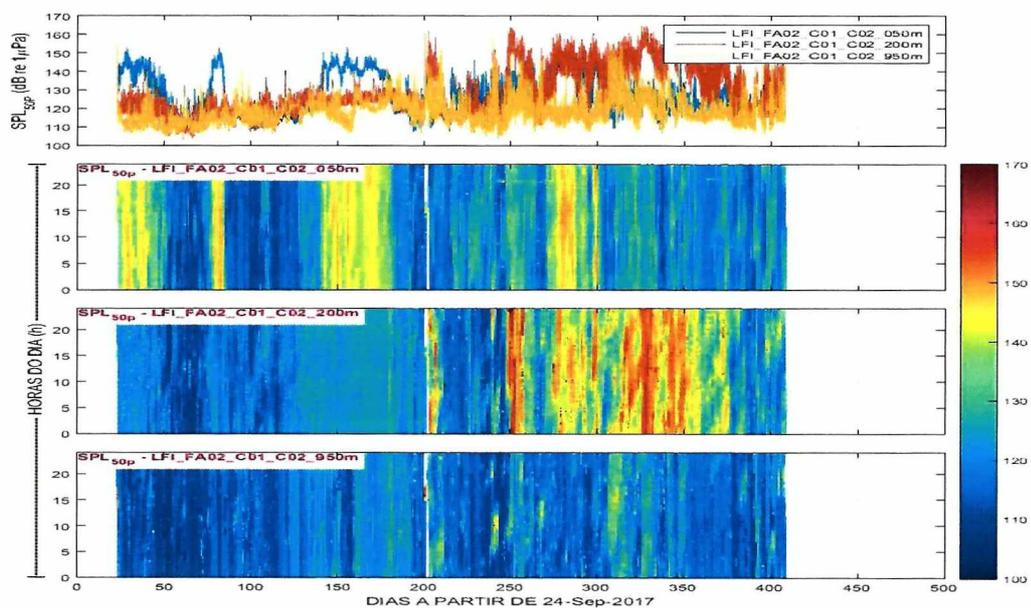


Figura V.4.1.5-6: LFI-FA02 -  $SPL_{50P}$  em dB re 1  $\mu$ Pa nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).



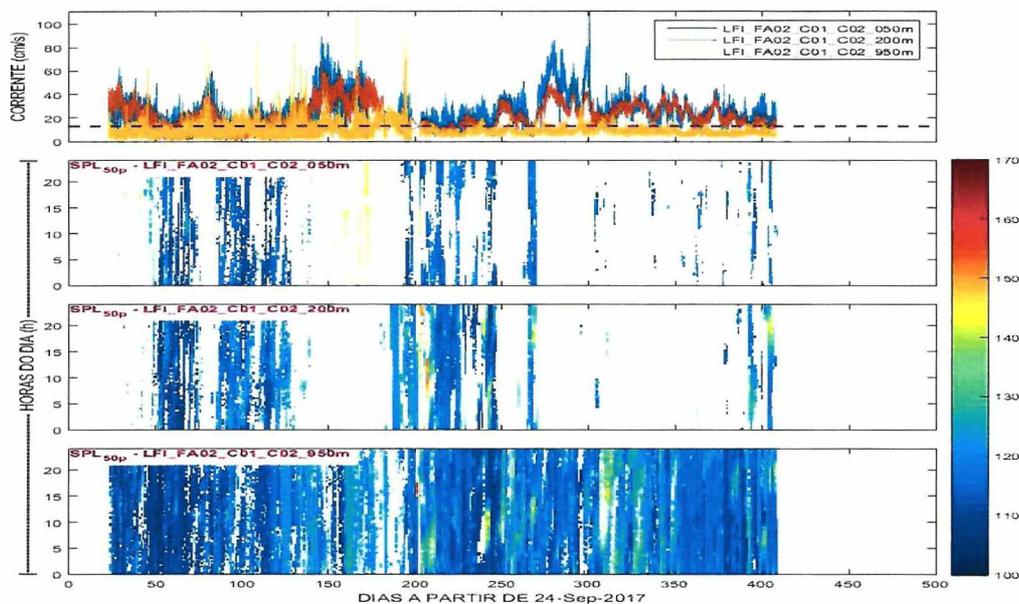


Figura V.4.1.5-7: LFI-FA02 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$ , para correntes menores que  $13 \text{ cm/s}$ , separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.

A partir do parâmetro  $SPL_{50p}$ , foi calculado o  $SEL_{24H}$  para as profundidades de 50 m (Figura V.4.1.5-8), 200 m (Figura V.4.1.5-9) e 950 m (Figura V.4.1.5-10) para a linha LFI-FA02, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico superior mostra o  $SEL_{24H}$  calculado utilizando dados qualificados considerando apenas as medições para as quais a corrente oceânica ficou abaixo de  $13 \text{ cm/s}$ . O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devido ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.



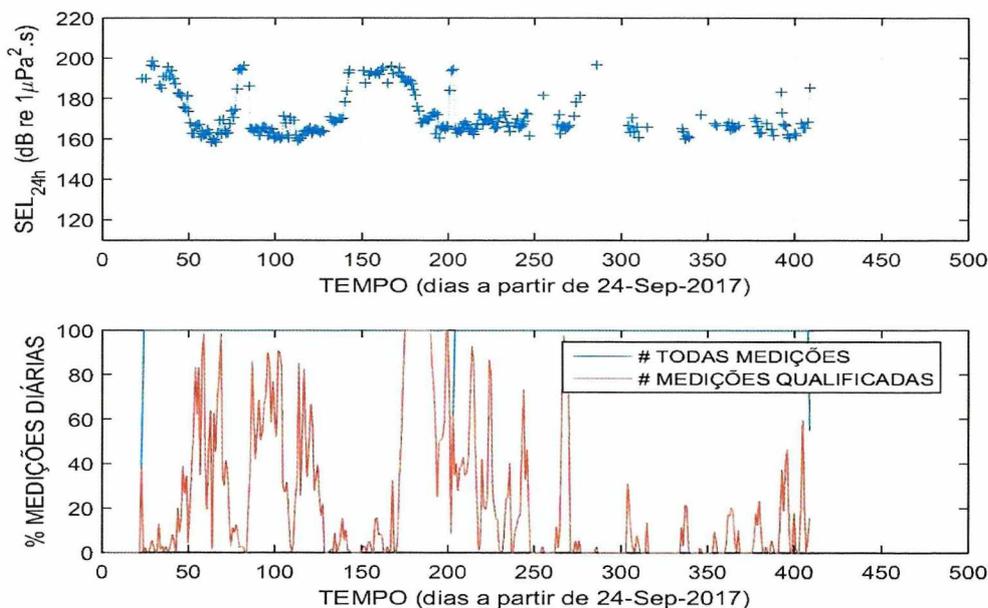


Figura V.4.1.5-8: LFI-FA02–SEL<sub>24H</sub> em dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$  (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

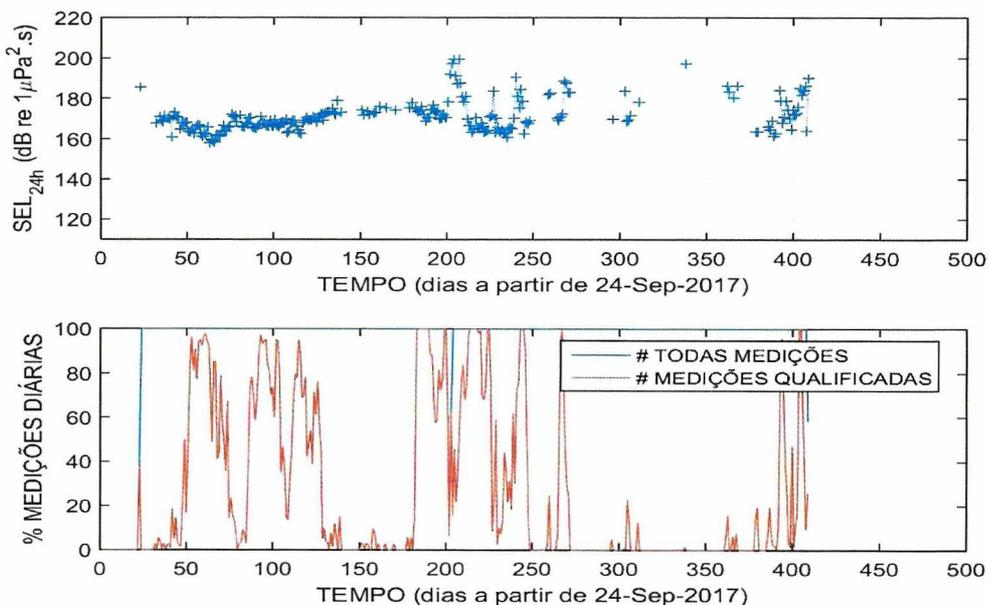


Figura V.4.1.5-9: LFI-FA02–SEL<sub>24H</sub> em dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$  (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.



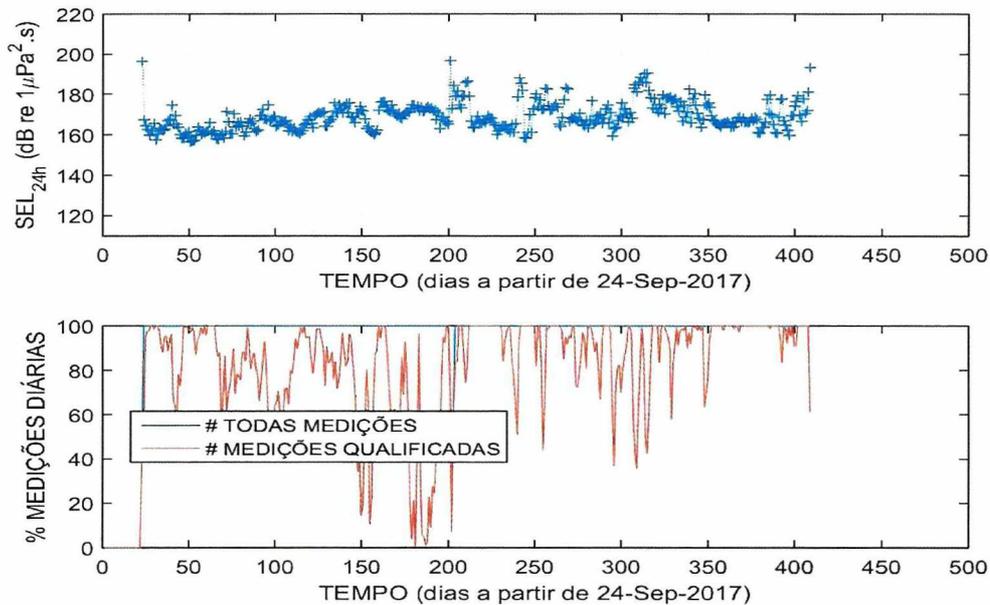


Figura V.4.1.5-10: LFI-FA02–SEL<sub>24h</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

### C) FA03– Região sem atividade de E&P, mas na rota preferencial de navegação E&P

A Figura V.4.1.5-11 apresenta todos os SPL<sub>50P</sub> para a linha FA03, sem nenhum processo de qualificação. A Figura V.4.1.5-12 apresenta apenas os SPL<sub>50P</sub> para os trechos onde a intensidade da corrente oceânica foi menor ou igual a 13 cm/s. Nesta figura, na parte superior, ao invés do parâmetro SPL<sub>50P</sub>, foi apresentada a corrente oceânica medida em cada profundidade, sendo que a linha tracejada indica o limiar de 13 cm/s usado.

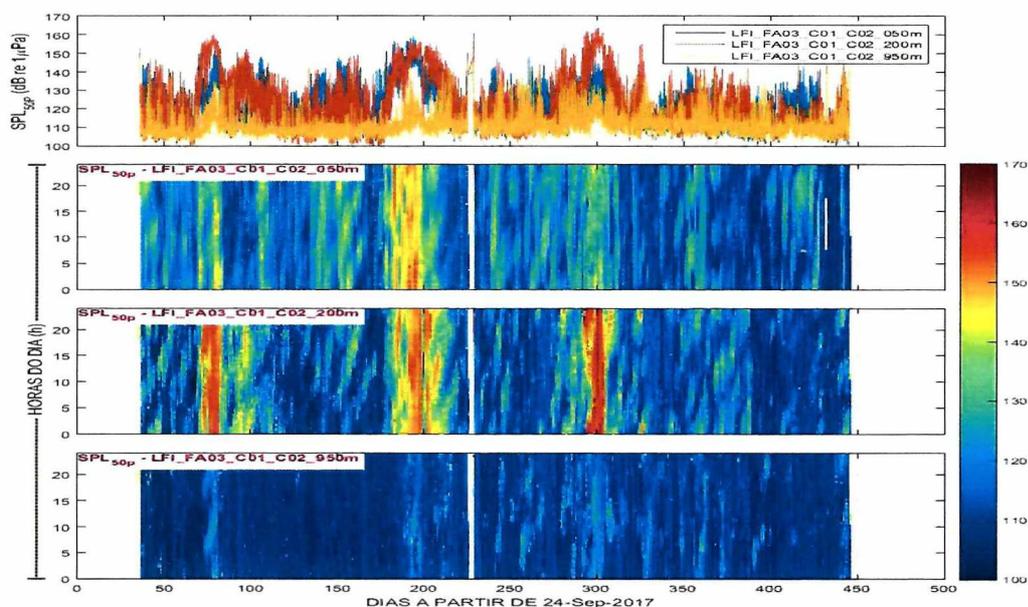


Figura V.4.1.5-11: LFI-FA03 -  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$  nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).

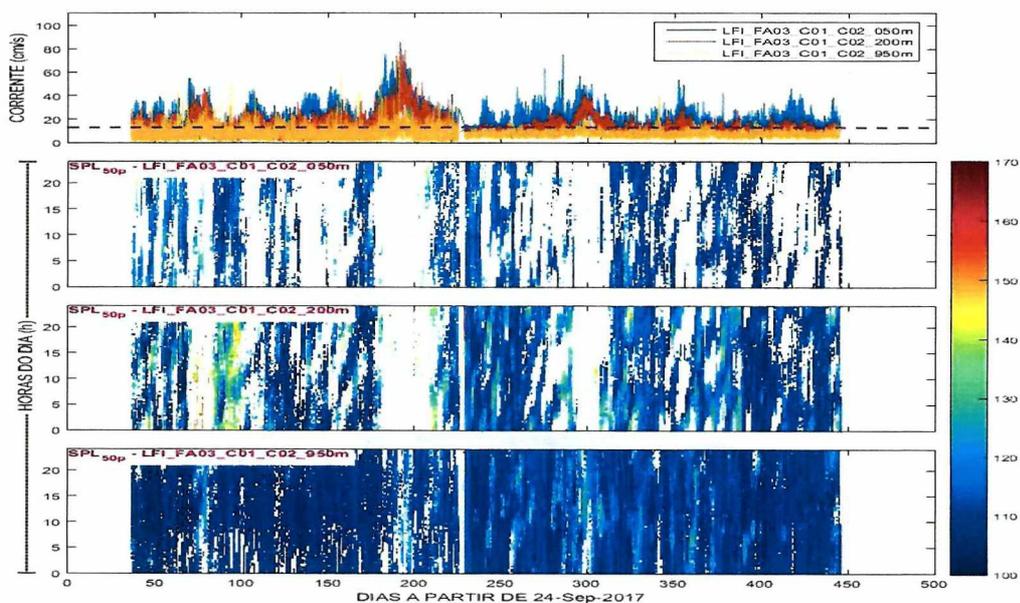


Figura V.4.1.5-12: LFI-FA03 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.



A partir do parâmetro  $SPL_{50P}$ , foi calculado o  $SEL_{24H}$  para as profundidades de 50 m (Figura V.4.1.5-13), 200 m (Figura V.4.1.5-14) e 950 m (Figura V.4.1.5-15) para a linha LFI-FA03, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico superior mostra o  $SEL_{24H}$  calculado utilizando dados qualificados considerando apenas as medições para as quais a corrente oceânica ficou abaixo de 13 cm/s. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devido ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.

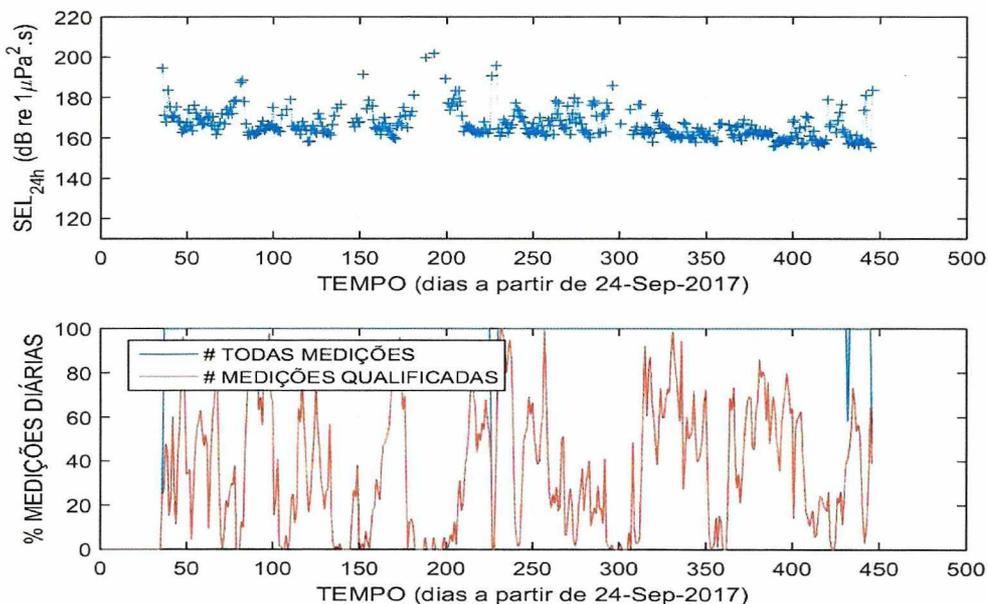


Figura V.4.1.5-13: LFI-FA03- $SEL_{24H}$  em dB re  $1 \mu Pa^2 \cdot s$  (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.



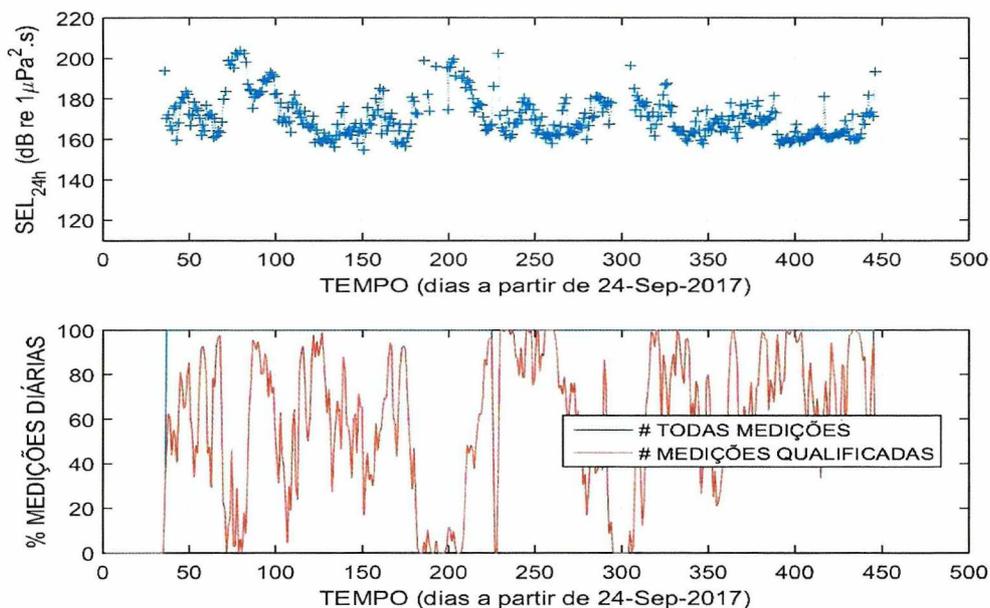


Figura V.4.1.5-14: LFI-FA03–SEL<sub>24h</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

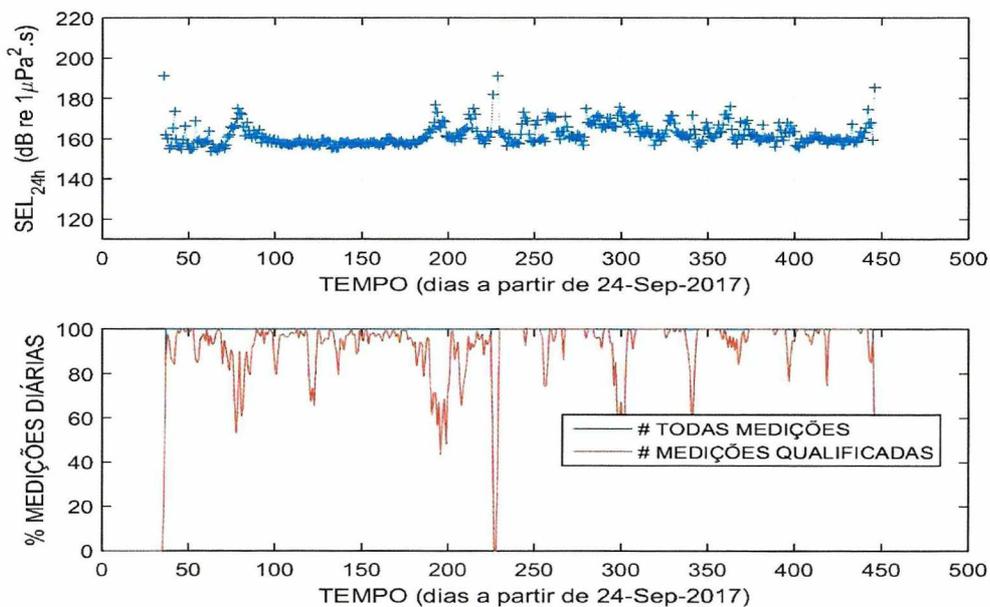


Figura V.4.1.5-15: LFI-FA03–SEL<sub>24h</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

#### D) FA04 – Região sem atividade de E&P e fora da rota preferencial de navegação E&P

A Figura V.4.1.5-16 apresenta todos os SPL<sub>50P</sub> para a linha FA04, sem nenhum processo de qualificação. A Figura V.4.1.5-17 apresenta apenas os SPL<sub>50P</sub> para os trechos onde a intensidade da corrente oceânica foi menor ou igual a 13 cm/s. Nesta figura, na parte superior, ao invés do parâmetro SPL<sub>50P</sub>, foi apresentada a corrente oceânica medida em cada profundidade, sendo que a linha tracejada indica o limiar de 13 cm/s usado.

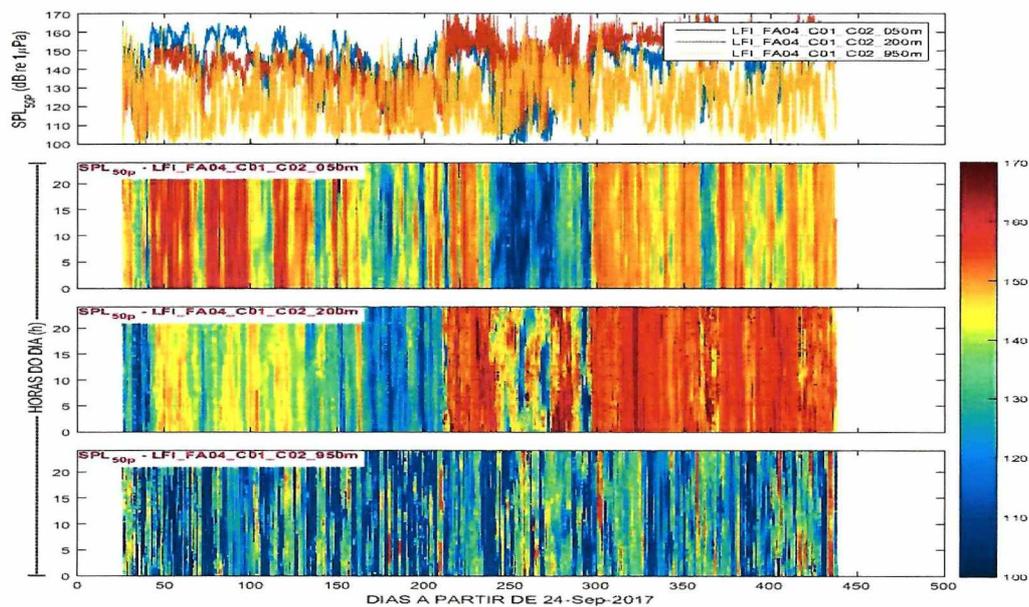


Figura V.4.1.5-16: LFI-FA04 - SPL<sub>50p</sub> em dB re 1 µPa nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).



*[Signature]*  
Coordenador da Equipe



*[Signature]*  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

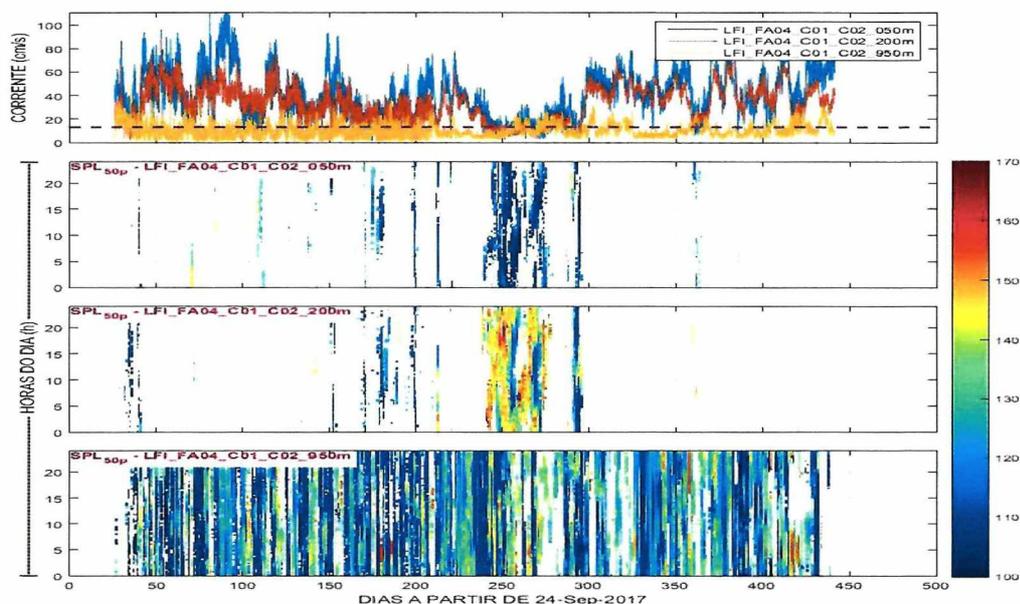


Figura V.4.1.5-17: LFI-FA04 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e  $SPL_{50p}$  em dB re 1  $\mu Pa$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.

A partir do parâmetro  $SPL_{50p}$ , foi calculado o  $SEL_{24H}$  para as profundidades de 50 m (Figura V.4.1.5-18), 200 m (Figura V.4.1.5-19) e 950 m (Figura V.4.1.5-20) para a linha LFI-FA04, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico superior mostra o  $SEL_{24H}$  calculado utilizando dados qualificados considerando apenas as medições para as quais a corrente oceânica ficou abaixo de 13 cm/s. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devido ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.



*[Signature]*

Coordenador da Equipe



*[Signature]*

Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

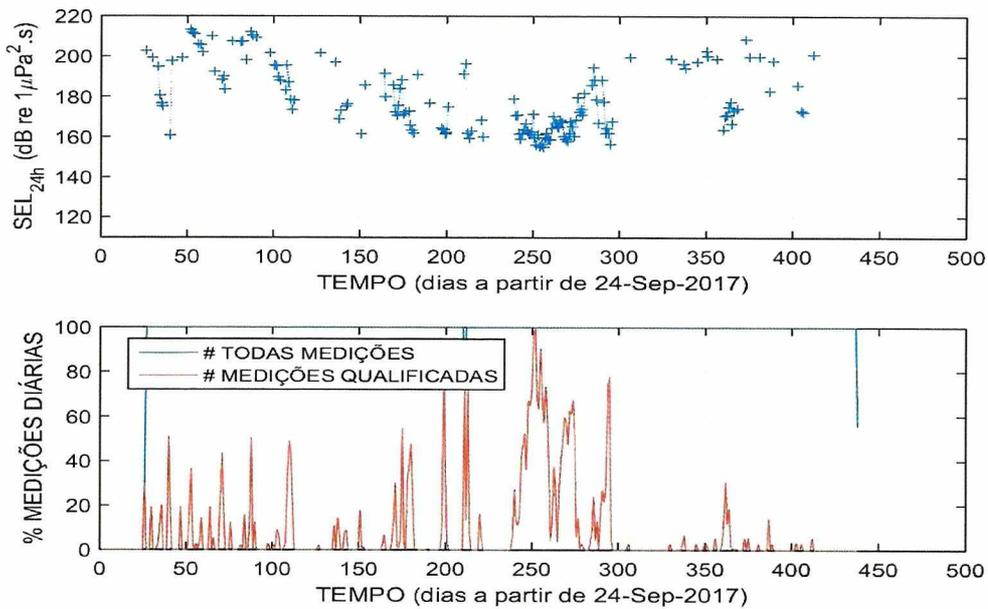


Figura V.4.1.5-18: LFI-FA04–SEL<sub>24H</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

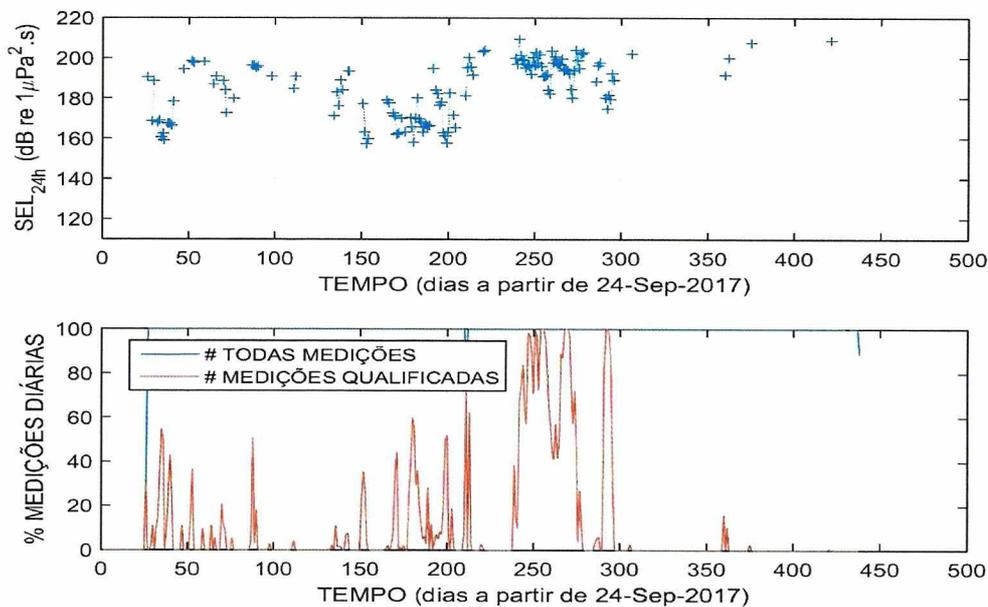


Figura V.4.1.5-19: LFI-FA04–SEL<sub>24H</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

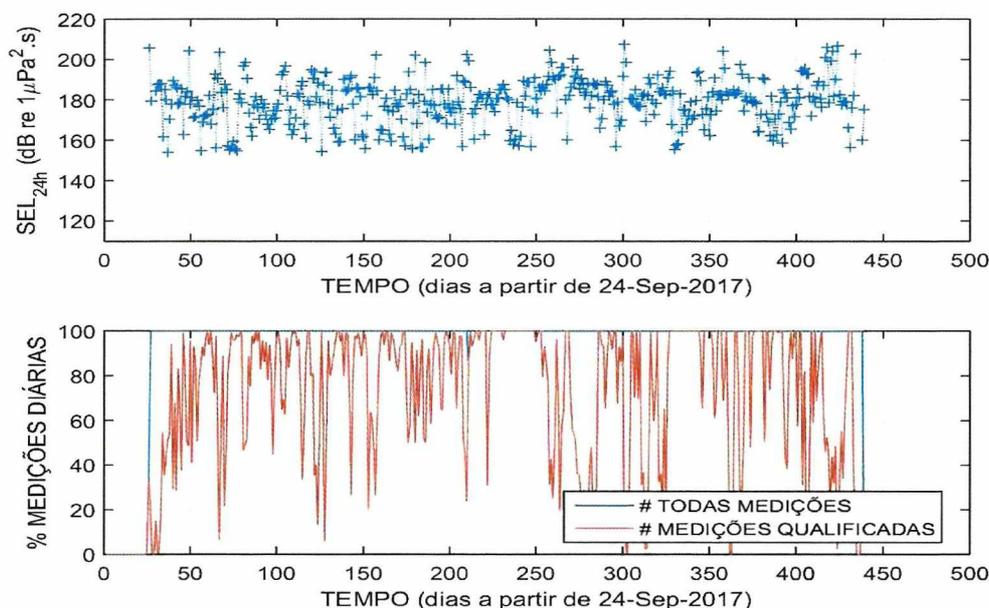


Figura V.4.1.5-20: LFI-FA04–SEL<sub>24h</sub> em dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$  (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

### E) FA05 – Região sem atividade de E&P e fora da rota preferencial de navegação E&P

A Figura V.4.1.5-21 apresenta todos os SPL<sub>50P</sub> para a linha FA05, sem nenhum processo de qualificação. A Figura V.4.1.5-22 apresenta apenas os SPL<sub>50P</sub> para os trechos onde a intensidade da corrente oceânica foi menor ou igual a 13 cm/s. Nesta figura, na parte superior, ao invés do parâmetro SPL<sub>50P</sub>, foi apresentada a corrente oceânica medida em cada profundidade, sendo que a linha tracejada indica o limiar de 13 cm/s usado.



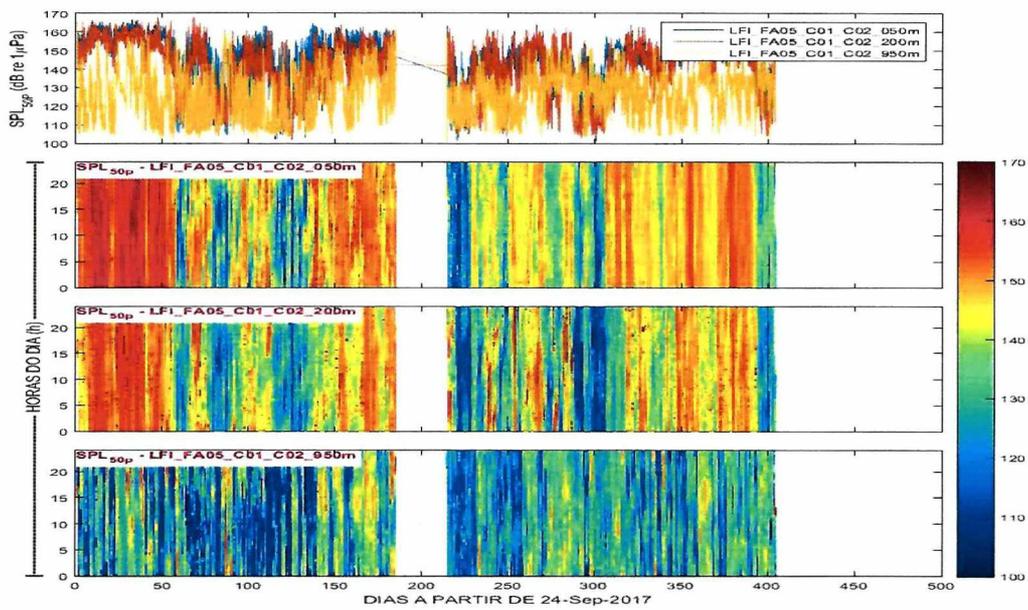


Figura V.4.1.5-21: LFI-FA05 -  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$  nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia (gráfico superior) e separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores).

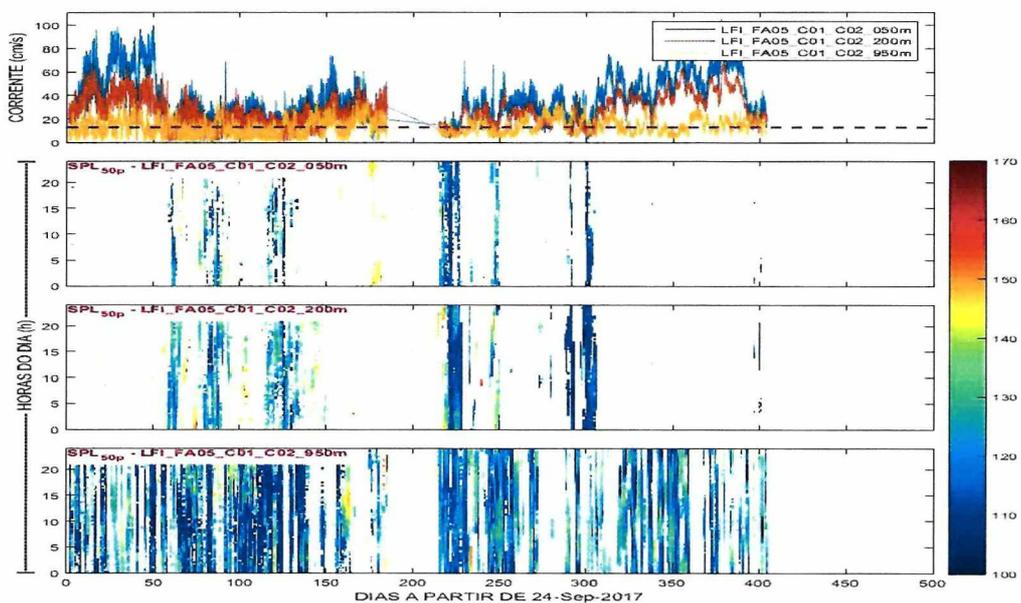


Figura V.4.1.5-22: LFI-FA05 - Intensidade da corrente oceânica em função do dia (gráfico superior) e  $SPL_{50p}$  em dB re  $1 \mu Pa$ , para correntes menores que 13 cm/s, separado por hora do dia da medição (gráficos inferiores), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m.

A partir do parâmetro  $SPL_{50P}$ , foi calculado o  $SEL_{24H}$  para as profundidades de 50 m (Figura V.4.1.5-23), 200 m (Figura V.4.1.5-24) e 950 m (Figura V.4.1.5-25) para a linha LFI-FA05, considerando a banda de frequência de 10 Hz a 10 kHz. O gráfico superior mostra o  $SEL_{24H}$  calculado utilizando dados qualificados considerando apenas as medições para as quais a corrente oceânica ficou abaixo de 13 cm/s. O gráfico inferior mostra o percentual de medições realizadas (em azul) em relação à quantidade de medições previstas por dia e o percentual de medições utilizadas no cálculo (em vermelho). A ausência de dados em alguns trechos pode ser devido ao fato de nenhuma medição ter sido realizada ou porque as medições feitas não foram aceitas no processo de qualificação.

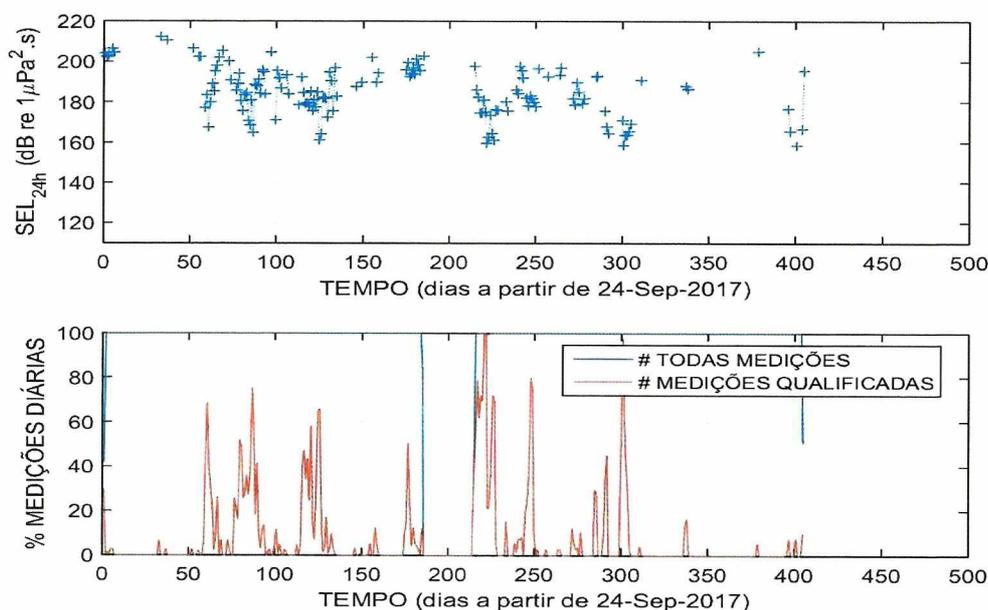


Figura V.4.1.5-23: LFI-FA05– $SEL_{24H}$  em dB re  $1 \mu Pa^2.s$  (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 50 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

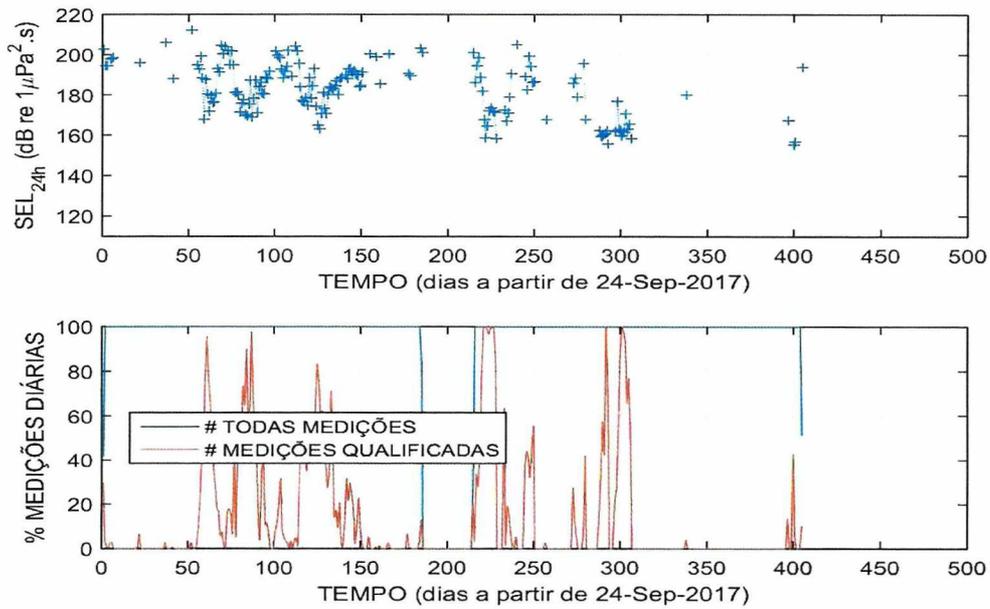


Figura V.4.1.5-24: LFI-FA05-SEL<sub>24h</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 200 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

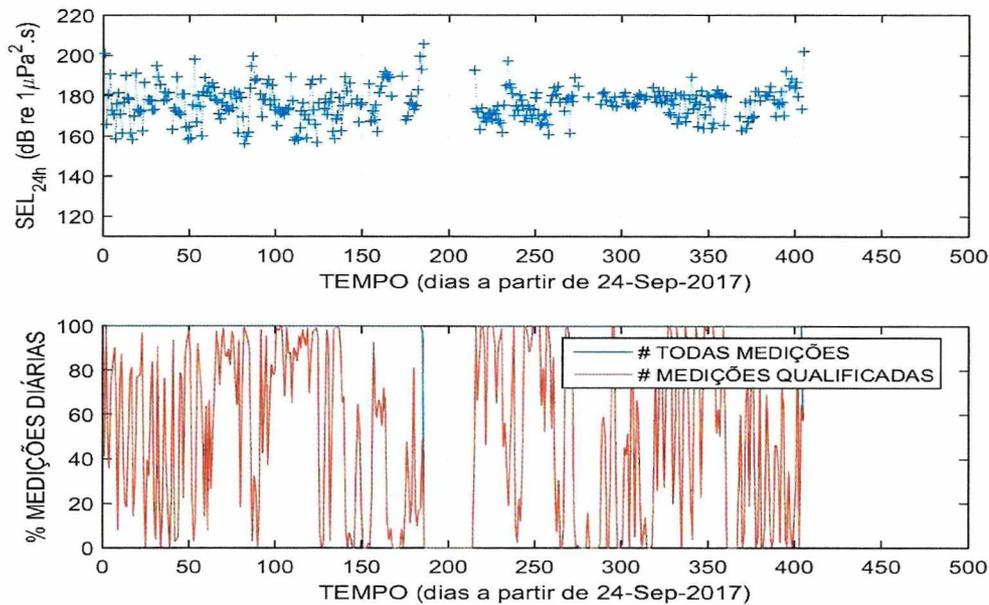


Figura V.4.1.5-25: LFI-FA05-SEL<sub>24h</sub> em dB re 1 μPa<sup>2</sup>.s (gráfico superior) para os dados qualificados pela corrente oceânica para a profundidade de 950 m. Percentual das medições diárias (gráfico inferior) realizadas e qualificadas para o cálculo.

## V.4.2 ANÁLISES ESPACIAIS

### V.4.2.1 DENSIDADE AMOSTRAL DOS PERFILADORES

A Figura V.4.2.1-1 mostra a densidade amostral de todas as janelas acústicas geradas pelos perfiladores, para as classes de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.

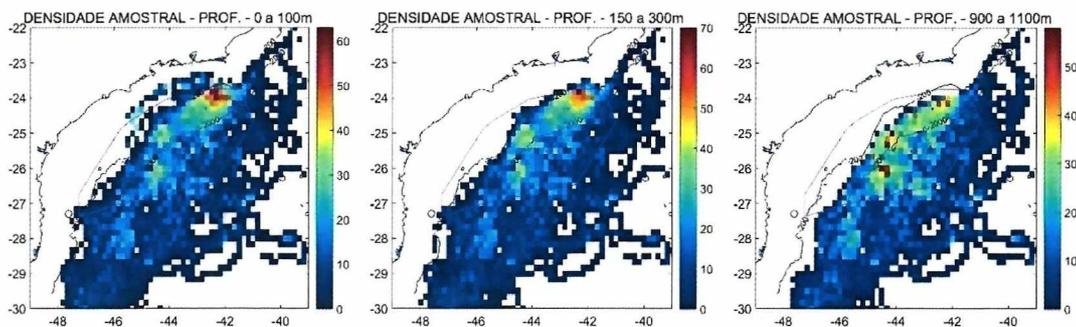


Figura V.4.2.1-1: Densidade amostral dos perfiladores nas faixas de profundidades entre 0 e 100m (quadro esquerdo), 150 e 300m (quadro central), 900 e 1.100m (quadro direito).

### V.4.2.2 OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS PERFILADORES

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora de pico ( $SPL_{pico}$ ), obtido a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, que é mostrada na Figura V.4.2.2-1. Observa-se que os maiores valores de  $SPL_{pico}$ , nas três faixas de profundidade, estão concentrados na região compreendida entre 25°S e 26°S de latitude e 42°O e 44°O de longitude.

O valor médio de todas as medições do  $SPL_{pico}$  realizadas ao longo de toda a coluna d'água por perfiladores foi de 112,7 dB e o desvio padrão de 4,8 dB, onde o máximo, de 157,9 dB ocorreu em 24° 39' 10.08"S e 42° 14' 12.48"O, e o mínimo, de 94,5 dB, em 29° 41' 11.76"S e 46° 2' 39.12"O.

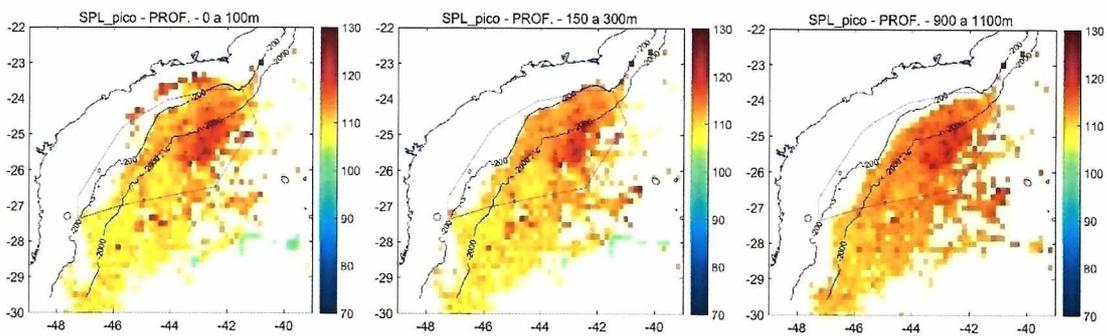


Figura V.4.2.2-1: Níveis de Pressão Sonora de pico  $SPL_{pico}$  nas 3 faixas de profundidade

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% ( $SPL_{esp\_50p}$ ) obtido a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, que é mostrada na Figura V.4.2.2-2. A área que possui os maiores valores de  $SPL_{esp\_50p}$  também está entre 25°S e 26°S de latitude e 42°O e 44°O de longitude. O valor médio de  $SPL_{esp\_50p}$  foi de 103,7 dB e o desvio padrão de 4,4 dB, onde o máximo, de 151,6 dB, ocorreu em 24° 39' 10.08"S e 42° 14' 12.48"O, e o mínimo, de 86,4 dB, em 29° 41' 11.76"S e 46° 2' 39.12"O. Tais valores representam as medições realizadas ao longo de toda a coluna d'água.

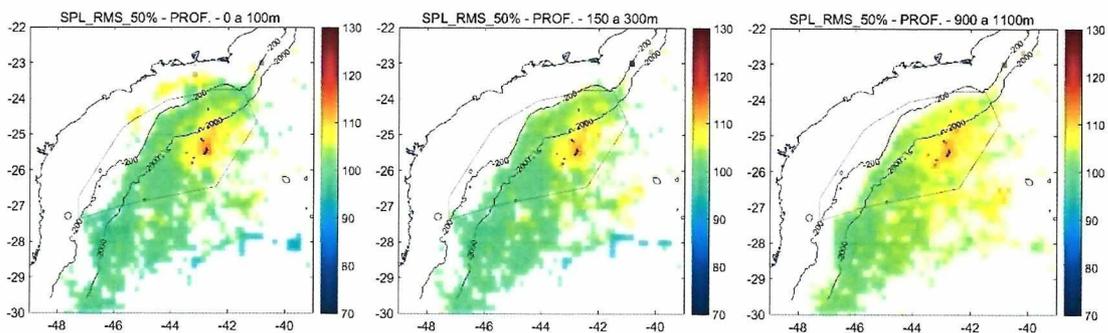


Figura V.4.2.2-2: Níveis de Pressão Sonora  $SPL_{esp\_50p}$  nas 3 faixas de profundidade

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz ( $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ) obtida a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, que é mostrada na Figura V.4.2.2-3.

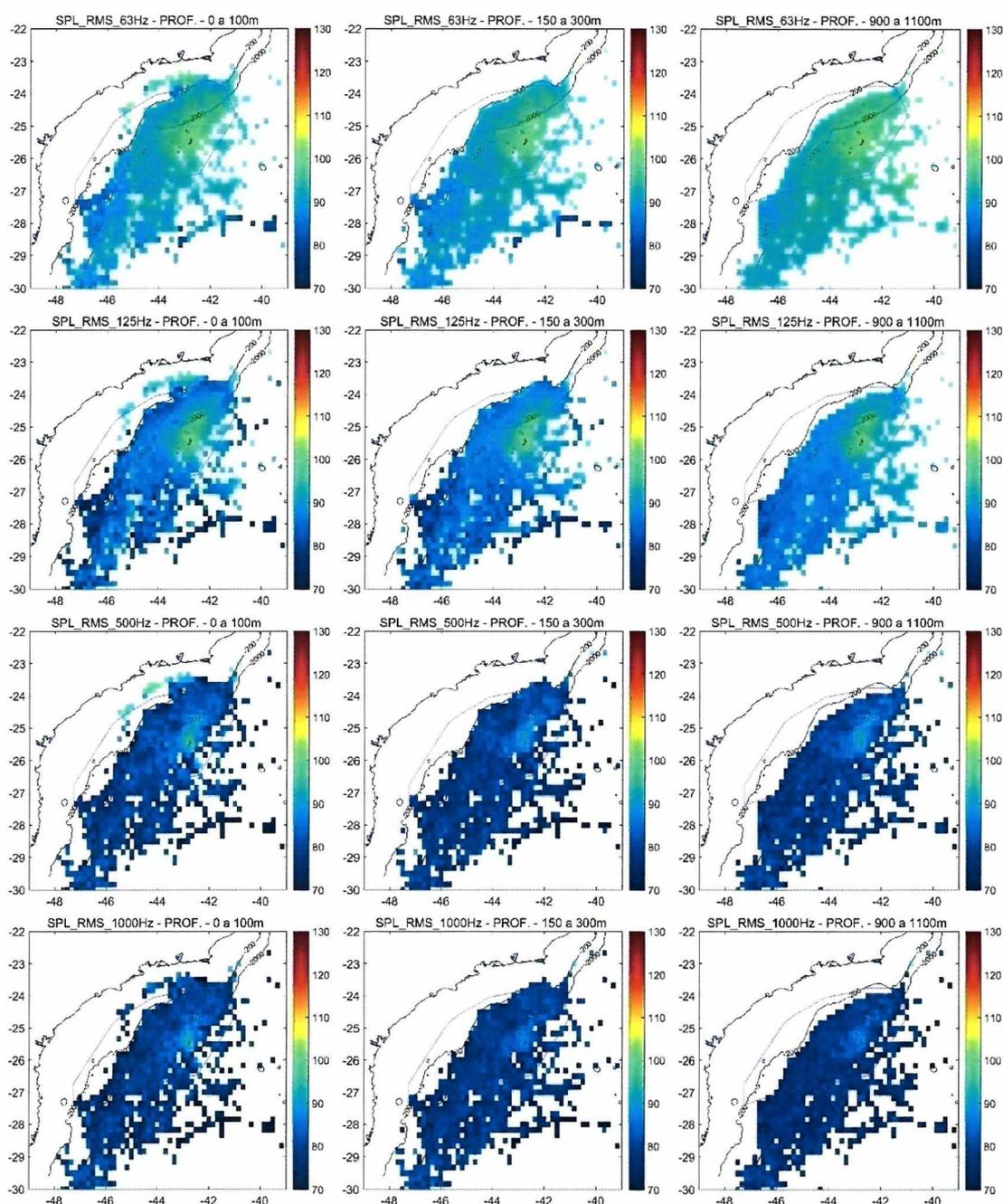


Figura V.4.2.2-3: Níveis de Pressão Sonora do percentil de 50%, nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, nas 3 faixas de profundidade

Os valores médios e desvios padrão por banda e faixa de profundidade estão descritos na Tabela V.4.2.2-1. É observada a diminuição do SPL para as frequências mais altas, em todas as profundidades, devido ao aumento da atenuação da água do mar com o aumento da frequência dos sinais. No

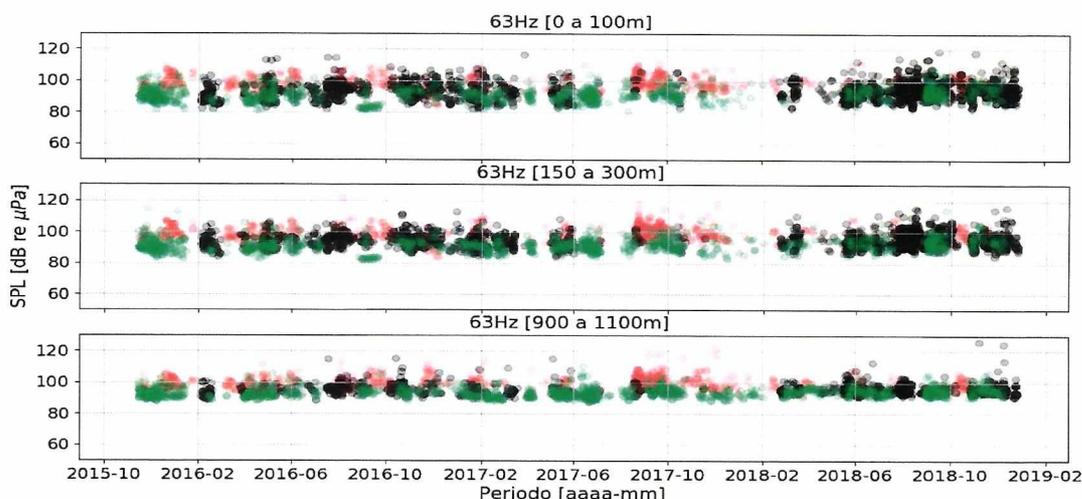


entanto, resta ser investigada a razão que explique o fato de que nas bandas de frequências mais baixas, o SPL aumentou com a profundidade.

Tabela V.4.2.2-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade.

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	92,2 +- 5,9 dB	92,7 +- 5,3 dB	94,5 +- 4,0 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	86,7 +- 6,7 dB	87,0 +- 6,0 dB	89,2 +- 4,6 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	80,7 +- 7,5 dB	79,3 +- 6,6 dB	80,4 +- 5,9 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	78,8 +- 7,0 dB	78,0 +- 6,8 dB	77,9 +- 6,0 dB

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz (SPL<sub>63Hz</sub>, SPL<sub>125Hz</sub>, SPL<sub>500Hz</sub> e SPL<sub>1000Hz</sub>) obtida a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, e comparadas nas três regiões de interesse, definidas na Seção II.2 (Região 1 – Atividade de E&P, Região 2 – Rota de navegação, Região 3 – Área com pouca atividade), o que é mostrada na Figura V.4.2.2-4. A Tabela V.4.2.2-2 apresenta os valores médios e desvios padrões para cada situação. Nota-se que em todas as bandas de frequência e faixas de profundidade os valores de SPL na Região 1 se destacam entre os maiores valores observados, enquanto que os valores para a Região 2 se destacam entre os menores valores. Além disso, o SPL decresce à medida que a frequência aumenta.



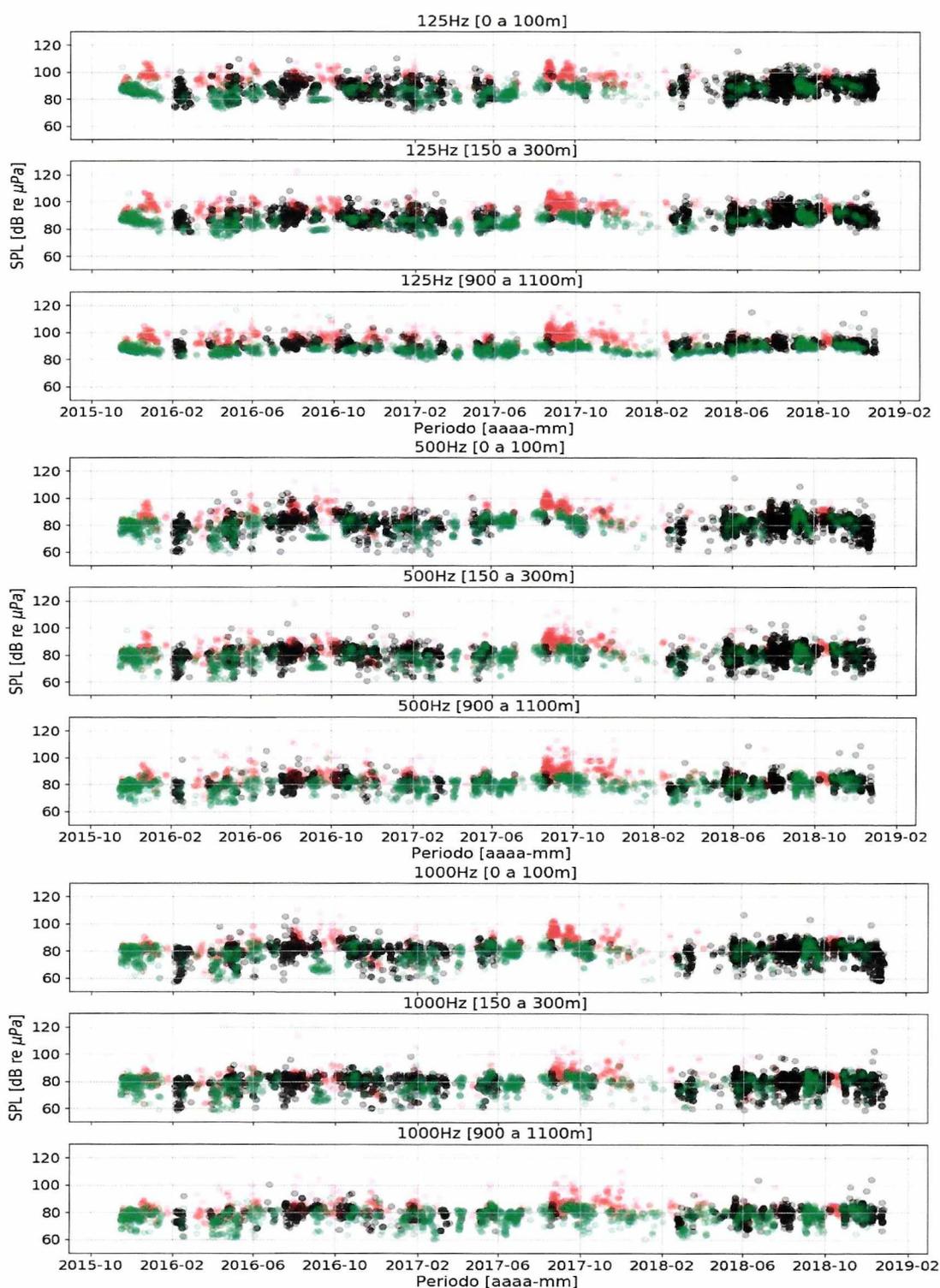


Figura V.4.2.2-4: Níveis de Pressão Sonora do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas na três Regiões (região 1 em laranja, região 2 em preto e região 3 em verde)

Tabela V.4.2.2-2: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse.

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	R1: 99,34 +- 4,38 dB	R1: 99,60 +- 4,41 dB	R1: 99,8 +- 3,90 dB
	R2: 93,95 +- 5,65 dB	R2: 94,85 +- 4,85 dB	R2: 96,09 +- 4,01 dB
	R3: 91,34 +- 4,48 dB	R3: 91,72 +- 4,42 dB	R3: 93,59 +- 3,07 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	R1: 96,58 +- 4,95 dB	R1: 96,30 +- 4,92 dB	R1: 96,67 +- 4,69 dB
	R2: 88,39 +- 5,99 dB	R2: 89,24 +- 4,97 dB	R2: 91,36 +- 3,73 dB
	R3: 85,97 +- 4,66 dB	R3: 86,17+- 4,45 dB	R3: 87,95 +- 3,29 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	R1: 88,65 +- 7,43 dB	R1: 86,18 +- 6,37 dB	R1: 87,52 +- 6,27 dB
	R2: 80,90 +- 6,99 dB	R2: 80,72 +- 6,22 dB	R2: 81,50 +- 5,60 dB
	R3: 80,08 +- 5,91 dB	R3: 78,71 +- 5,50 dB	R3: 79,28 +- 5,01 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	R1: 85,86 +- 7,55 dB	R1: 83,14 +- 6,28 dB	R1: 83,66 +- 5,71 dB
	R2: 79,28 +- 7,00 dB	R2: 78,86 +- 6,30 dB	R2: 79,09 +- 5,61 dB
	R3: 78,23 +- 6,31 dB	R3: 77,49 +- 6,24 dB	R3: 76,88 +- 5,64 dB

### V.4.2.3 DENSIDADE AMOSTRAL DOS GLIDERS

A Figura V.4.2.3-1 mostra a densidade amostral de todas as janelas acústicas geradas pelos *gliders*, do final de 2015 até o final do período de referência para este relatório, no final de 2018, para as classes de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.

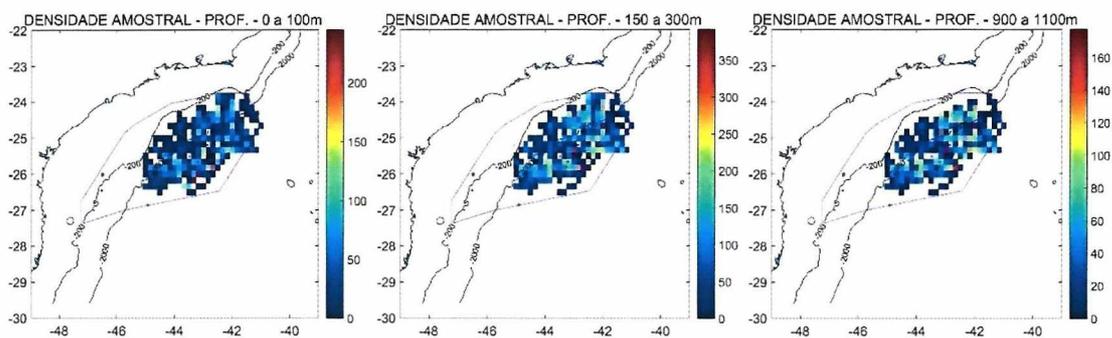


Figura V.4.2.3-1: Densidade amostral dos gliders nas faixas de profundidades entre 0 e 100 m (quadro esquerdo), 150 e 300 m (quadro central), 900 e 1.100 m (quadro direito).

#### V.4.2.4 OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS GLIDERS

A Figura V.4.2.4-1 mostra as variações  $SPL_{pico}$  na área da Bacia de Santos para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m. O valor médio de  $SPL_{pico}$  foi de 96,4 dB e o desvio padrão de 6,7 dB, onde o máximo, de 136,5 dB ocorreu em 25° 26' 53.88"S e 42° 59' 11.04" O e o mínimo, de 73,3 dB, em 25° 11' 0.6"S e 41° 36' 54.36"O. Além disso, a área entre 25°S e 26°S de latitude e 42°O e 44°O de longitude tem os maiores valores de  $SPL_{pico}$  nas três faixas de profundidade.

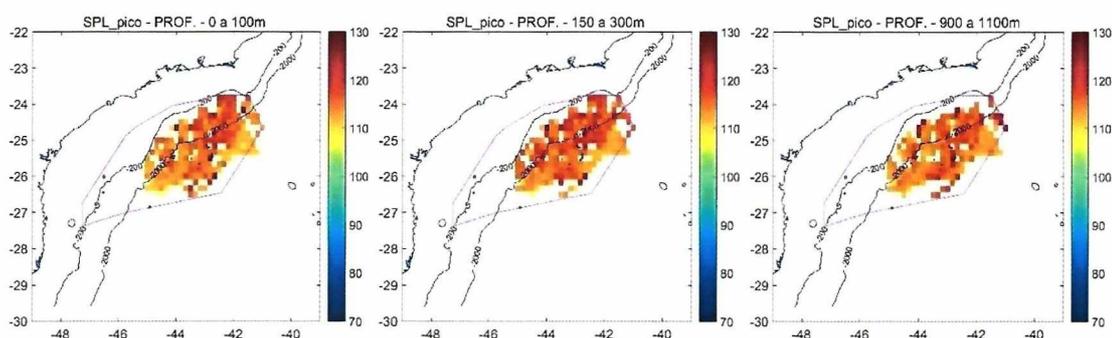


Figura V.4.2.4-1: Níveis de Pressão Sonora pico ( $SPL_{pico}$ ) nas três faixas de profundidade.

A Figura V.4.2.4-2 mostra as variações do percentil de 50% para todo o espectro de frequências ( $SPL_{esp\_50p}$ ). A área que possui os maiores valores de  $SPL_{esp\_50p}$  também está entre 25°S e 26°S de latitude e 42°O e 44°O de longitude. O valor médio de  $SPL_{esp\_50p}$  foi de 96,8 dB e o desvio padrão de 4,1 dB, onde o máximo, de 128,3 dB, ocorreu em 25° 20' 2.4"S e 42° 32' 24.72"O e o mínimo, de 78,3 dB, em 25° 13' 2.28"S e 41° 30' 21.96"O. Tais valores representam as medições realizadas ao longo de toda a coluna d'água.

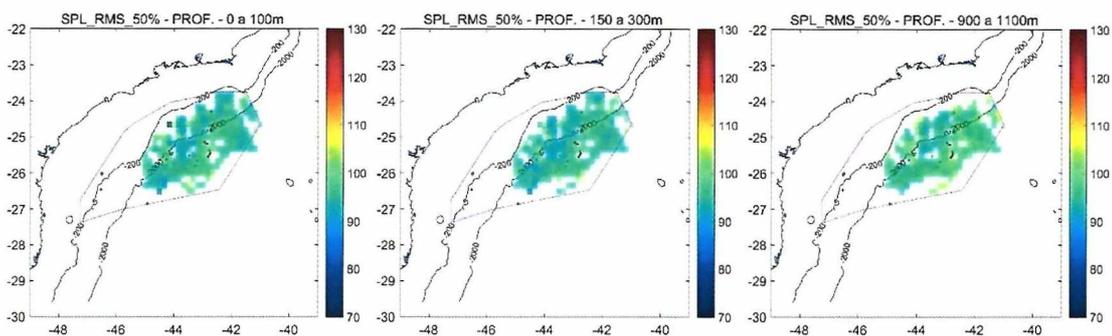


Figura V.4.2.4-2: Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) nas três faixas de profundidade



A Figura V.4.2.2-3 mostra as variações SPL nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz ( $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ) na área da Bacia de Santos para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.

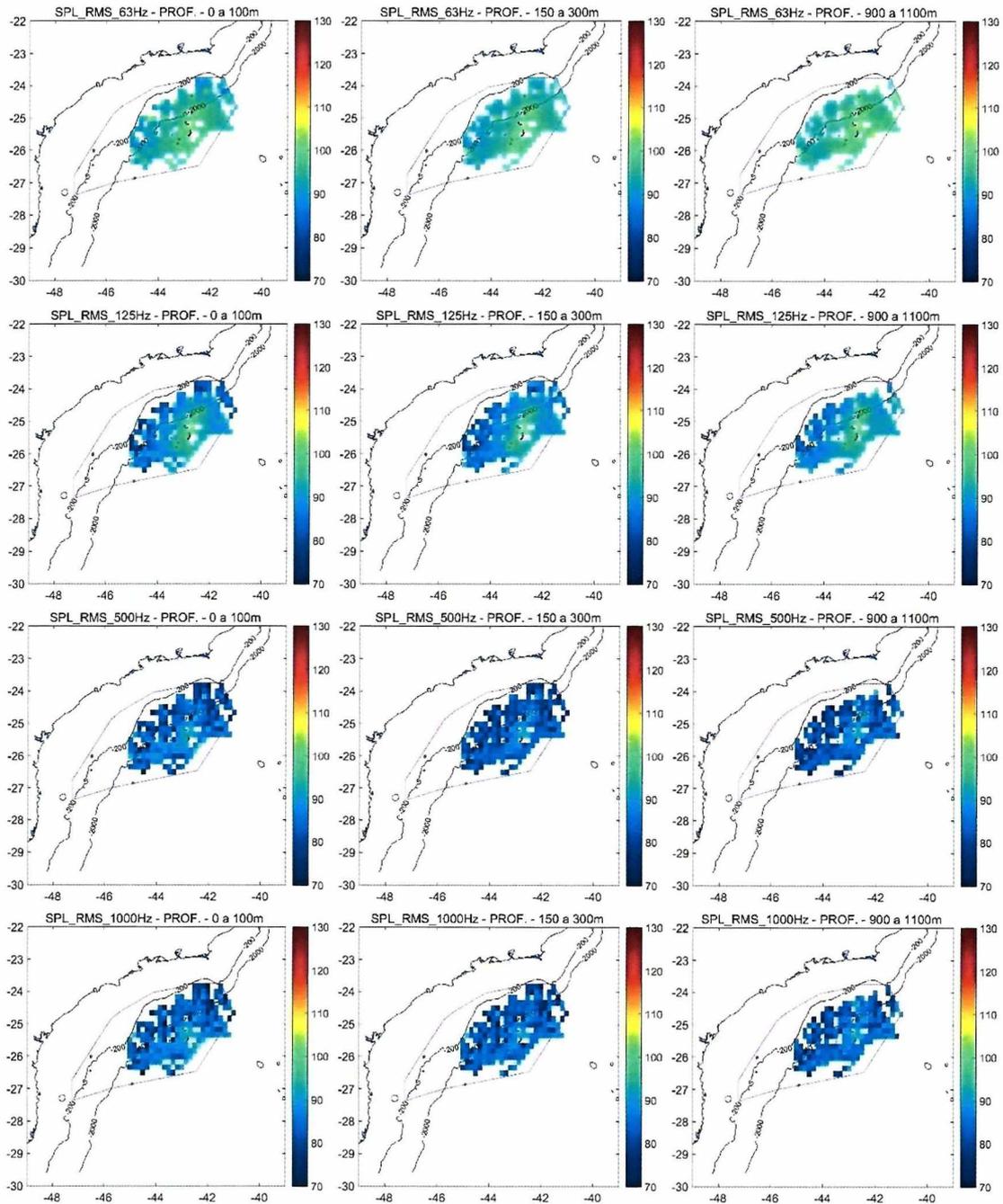


Figura V.4.2.4-3:  $SPL_{63Hz}$  (1ª linha),  $SPL_{125Hz}$  (2ª linha),  $SPL_{500Hz}$  (3ª linha) e  $SPL_{1000Hz}$  (4ª linha) para 0 a 100m (1ª coluna), 150 a 300m (2ª coluna) e 900 a 1.100m (3ª coluna).



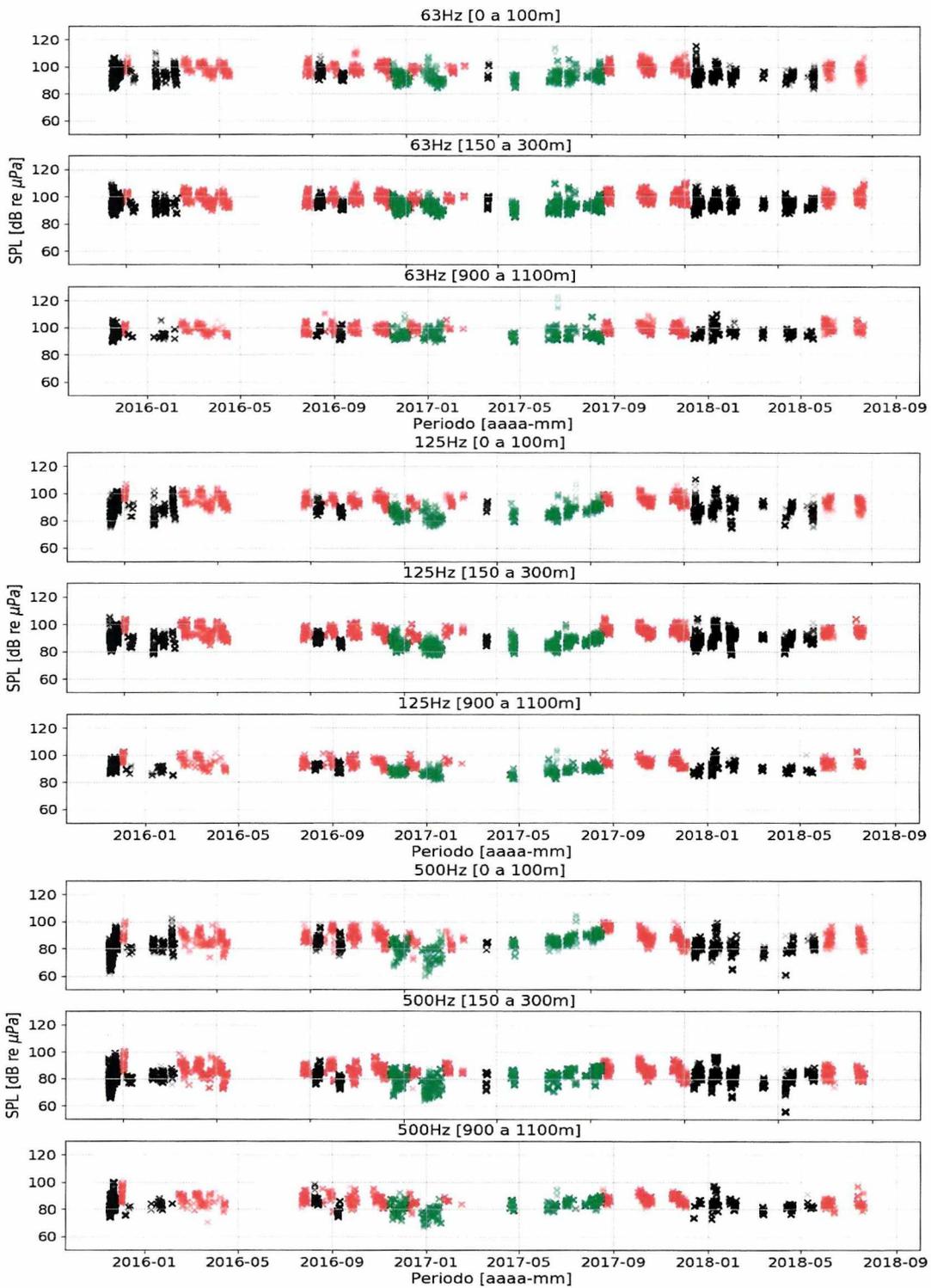
Os valores médios e desvios padrão por banda e faixa de profundidade estão descritos na Tabela V.4.2.4-1. É observada a diminuição do SPL para as frequências mais altas, em todas as profundidades, devido ao aumento da atenuação da água do mar com o aumento da frequência dos sinais. No entanto, deve ser investigada a causa de que nas bandas de frequências mais baixas o SPL aumentou com a profundidade.

Tabela V.4.2.4-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade.

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	95,4 +- 4,8 dB	95,6 +- 4,3 dB	96,9 +- 3,8 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	89,8+- 5,5 dB	90,0 +- 5,1 dB	91,3 +- 4,1 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	83,8 +- 6,4 dB	82,5 +- 5,6 dB	83,5 +- 4,9 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	84,2 +- 6,4 dB	82,8 +- 6,2 dB	83,9 +- 4,9 dB

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz (SPL<sub>63Hz</sub>, SPL<sub>125Hz</sub>, SPL<sub>500Hz</sub> e SPL<sub>1000Hz</sub>) obtido a partir das medições dos *gliders* para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, e comparadas nas 3 regiões de interesse, o que é mostrada na Figura V.4.2.4-4. A Tabela V.4.2.4-2 apresenta os valores médios e desvios padrões para cada situação. Nota-se que em todas as bandas de frequência e faixas de profundidade os valores de SPL na Região 1 se destacam entre os maiores valores observados, enquanto que os valores para a Região 2 se destacam entre os menores valores. Além disso, o SPL decresce à medida que a frequência aumenta.





Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

3º Relatório Técnico

Revisão 00  
08/2019

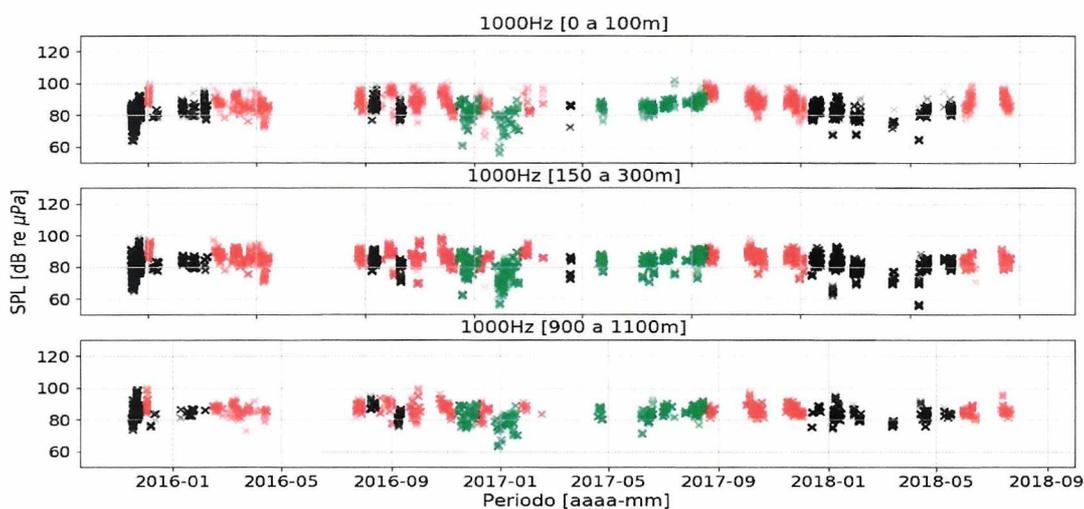


Figura V.4.2.4-4: Níveis de Pressão Sonora, para os gliders, do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas nas três regiões (região 1 em laranja, região 2 em preto e região 3 em verde).

Tabela V.4.2.4-2: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse.

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	R1: 99,90 +- 3,85 dB	R1: 99,10 +- 3,46 dB	R1: 99,37 +- 3,04 dB
	R2: 93,59 +- 4,85 dB	R2: 94,35 +- 3,90 dB	R2: 95,80 +- 3,47 dB
	R3: 92,84 +- 4,65 dB	R3: 92,62+- 4,00 dB	R3: 95,10 +- 4,16 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	R1: 94,94 +- 3,83 dB	R1: 95,00 +- 3,53 dB	R1: 94,92 +- 3,30 dB
	R2: 88,34 +- 5,68 dB	R2: 88,86 +- 4,52 dB	R2: 91,09 +- 3,37 dB
	R3: 86,21 +- 4,85 dB	R3: 85,93 +- 4,02 dB	R3: 88,25 +- 3,20 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	R1: 87,82 +- 5,50 dB	R1: 86,15 +- 4,32 dB	R1: 86,64 +- 4,08 dB
	R2: 81,48 +- 6,22 dB	R2: 81,43 +- 5,75 dB	R2: 83,40 +- 4,97 dB
	R3: 83,98 +- 6,80 dB	R3: 81,44 +- 5,46 dB	R3: 81,95 +- 4,92 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	R1: 87,99 +- 5,33 dB	R1: 85,77 +- 4,49 dB	R1: 86,47 +- 3,76 dB
	R2: 82,08+- 5,53 dB	R2: 81,53 +- 5,68 dB	R2: 84,36 +- 4,51 dB
	R3: 83,96 +- 6,67 dB	R3: 82,91 +- 6,31 dB	R3: 83,00 +- 5,56 dB

## V.4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

### V.4.3.1 DISTRIBUIÇÃO DAS MEDIÇÕES DE $SPL_{50p}$ DE PERFILADORES E GLIDERS

A Figura V.4.3.1-1 mostra os histogramas e curvas de densidade de probabilidade do parâmetro  $SPL_{50p}$  para a distribuição do tipo normal ajustada nos dados, para as bandas de frequências e as faixas de profundidade analisadas nas regiões de interesse. Nesta análise, são usados os dados obtidos tanto pelos perfiladores como pelos *gliders*.

O teste de Shapiro-Wilk mostrou que os dados coletados atendem às premissas de normalidade. Nota-se que os desvios padrões são menores nas bandas 63 Hz e 125 Hz do que nas bandas de 500 Hz e 1.000 Hz. Além disso, os valores de SPL diminuem à medida que a frequência aumenta. Nota-se, também, que a Região 3 possui os valores de SPL mais baixos entre as três regiões.



  
\_\_\_\_\_  
Coordenador da Equipe



  
\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

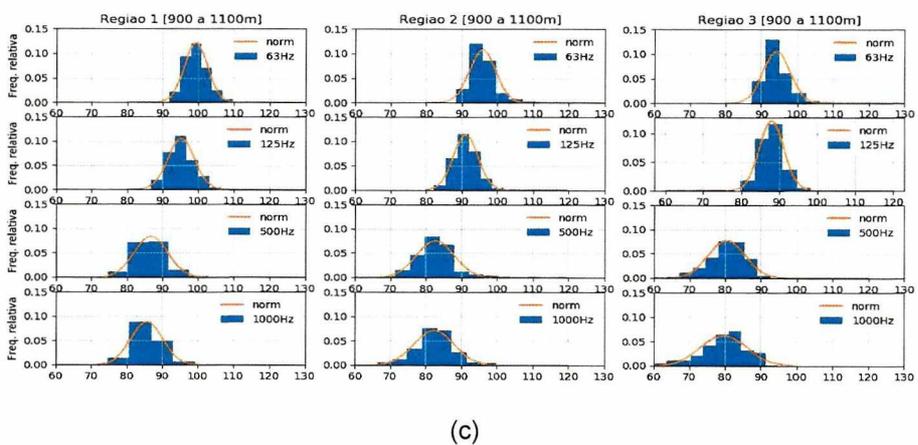
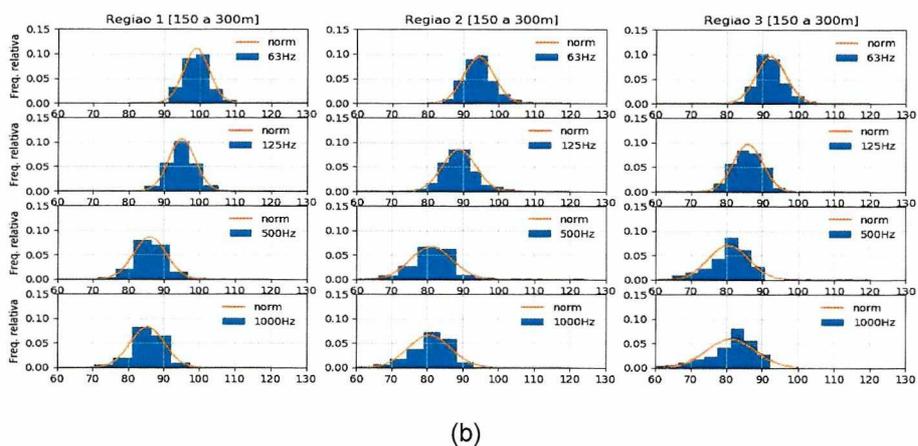
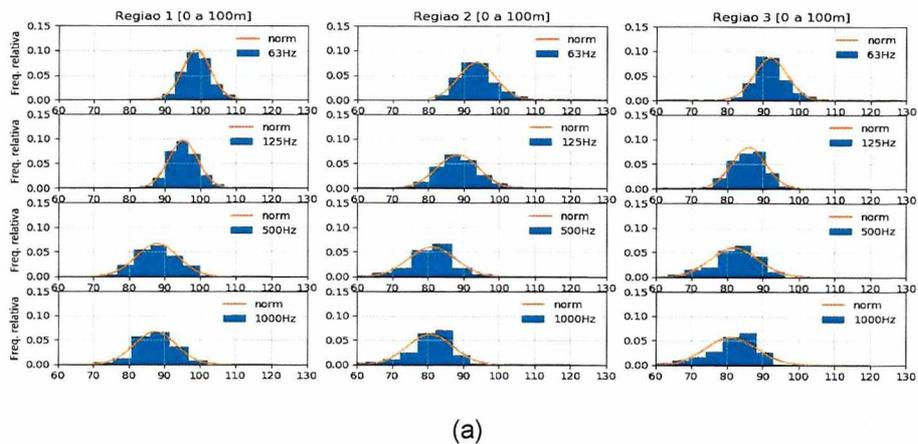


Figura V.4.3.1-1: Histograma e distribuição normal para  $SPL_{63Hz}$  (1ª linha),  $SPL_{125Hz}$  (2ª linha),  $SPL_{500Hz}$  (3ª linha) e  $SPL_{1000Hz}$  (4ª linha) para as Regiões 1 (1ª coluna), 2 (2ª coluna) e 3 (3ª coluna) e faixa de profundidade de 0 a 100m (a), 150 a 300 m (b) e 900 a 1100 m (c).



*[Signature]*  
Coordenador da Equipe



*[Signature]*  
Técnico Responsável

3º Relatório Técnico

Revisão 00  
08/2019

### V.4.3.2 CORRELAÇÃO DE MEDIÇÕES DE PERFILADORES E DADOS AMBIENTAIS E DE TRÁFEGO DE NAVIOS

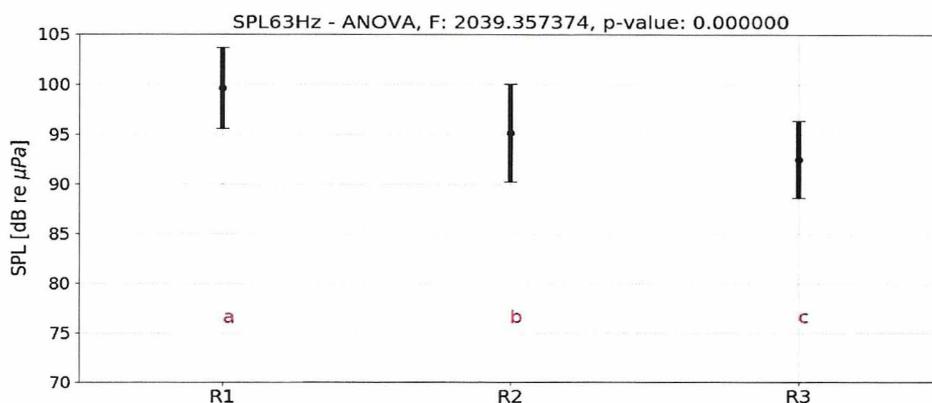
Foi realizada a avaliação das correlações entre os Níveis de Pressão Sonora (parâmetro SPL<sub>50p</sub> dos perfiladores) para as quatro bandas de frequência de interesse e os parâmetros de número de embarcações (NEMB), intensidade de vento (WIND) e altura significativa de ondas (HS), para todas as regiões de interesse. A Tabela V.4.3.2-1 apresenta os resultados destas correlações.

As correlações entre o NEMB e os parâmetros SPL<sub>50p</sub> são mais altas nas bandas de 125 Hz (44%) e 500 Hz (41%). Para o vento (WIND) e altura significativa de ondas (HS), as correlações aumentam à medida que a frequência aumenta, evidenciando uma maior influência da componente ambiental nas altas frequências (500 Hz e 1.000 Hz).

Tabela V.4.3.2-1: Correlações para o período de junho de 2016 a maio de 2017 (todos os resultados atenderam o nível de significância de 5%, p-value < 0,05).

	SPL <sub>63Hz</sub>	SPL <sub>125Hz</sub>	SPL <sub>500Hz</sub>	SPL <sub>1000Hz</sub>
NEMB	0,29	0,39	0,37	0,31
WIND	0,13	0,24	0,56	0,66
HS	0,09	0,15	0,36	0,41

A Figura V.4.3.2-1 apresenta os resultados da Análise de Variância (ANOVA) e do teste pos-hoc Tukey, mostrando que os valores de SPL para bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, para todas as faixas de profundidade, são significativamente diferentes nas três regiões de interesse.



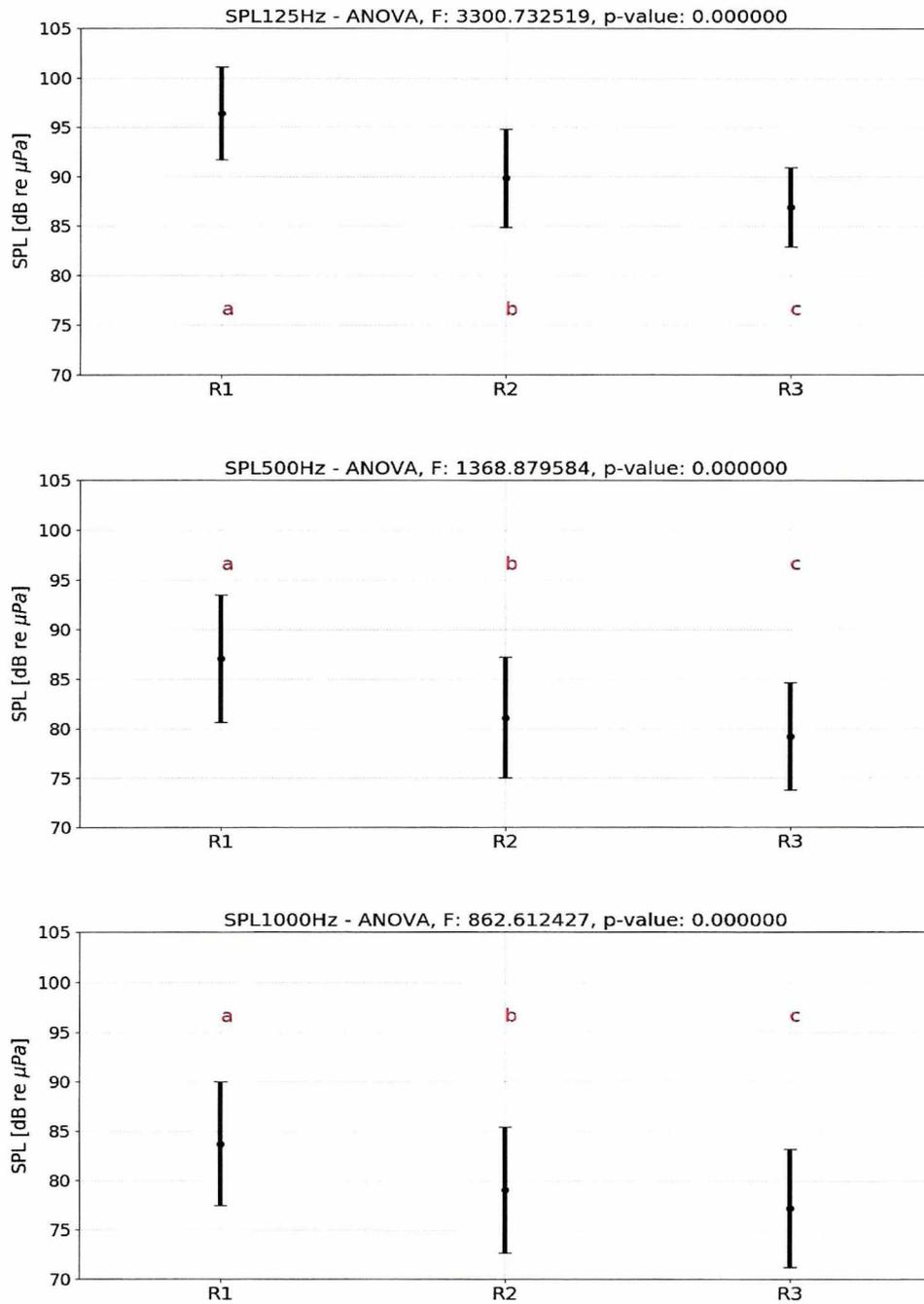


Figura V.4.3.2-1: ANOVA e TUKEY para o  $SPL_{50p}$  nas bandas de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz para todas as faixas de profundidade juntas, onde as letras em vermelho indicam se há ou não diferença significativa entre as regiões [Obs: letras diferentes indicam diferença significativa].



## V.4.4 OUTRAS ANÁLISES

### V.4.4.1 PERÍODOS DOS CICLOS DE COLETA DOS PERFILADORES

Os perfiladores foram programados para executar um ciclo de medição por dia, partindo de seu repouso na profundidade de estacionamento, em torno de 1.000 m, e subindo para realizar as medições em cinco janelas acústicas, estabelecidas em 950 m, 750 m, 500 m, 200 m e 50 m. Em algumas campanhas, foram programados dois ciclos diários, para melhorar a cobertura das medições dentro de cada dia.

Para melhor visualizar essas informações, a Figura V.4.4.1-1 apresenta as profundidades onde foram realizadas as janelas de medição acústica em função da hora do dia na qual elas ocorreram. Pode ser observada a concentração de medições nas profundidades entre 0-100 m, 150-300 m, em torno de 500 m, entre 700 e 800 m, e entre 900 a 1.000 m. No histograma das profundidades, podem ser visualizadas as cinco profundidades executadas pelo equipamento. Já no histograma da hora do dia, nota-se uma grande concentração das medições no segundo período do dia, entre 12 h e 24 h. Esta concentração foi devida ao fato do ciclo dos perfiladores ter sido programado para iniciar aproximadamente no mesmo horário, no início do período da tarde. A reprogramação de alguns perfiladores para executar dois ciclos diários permitiu realizar um maior número de medições no período da manhã, como pode ser visto no gráfico.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

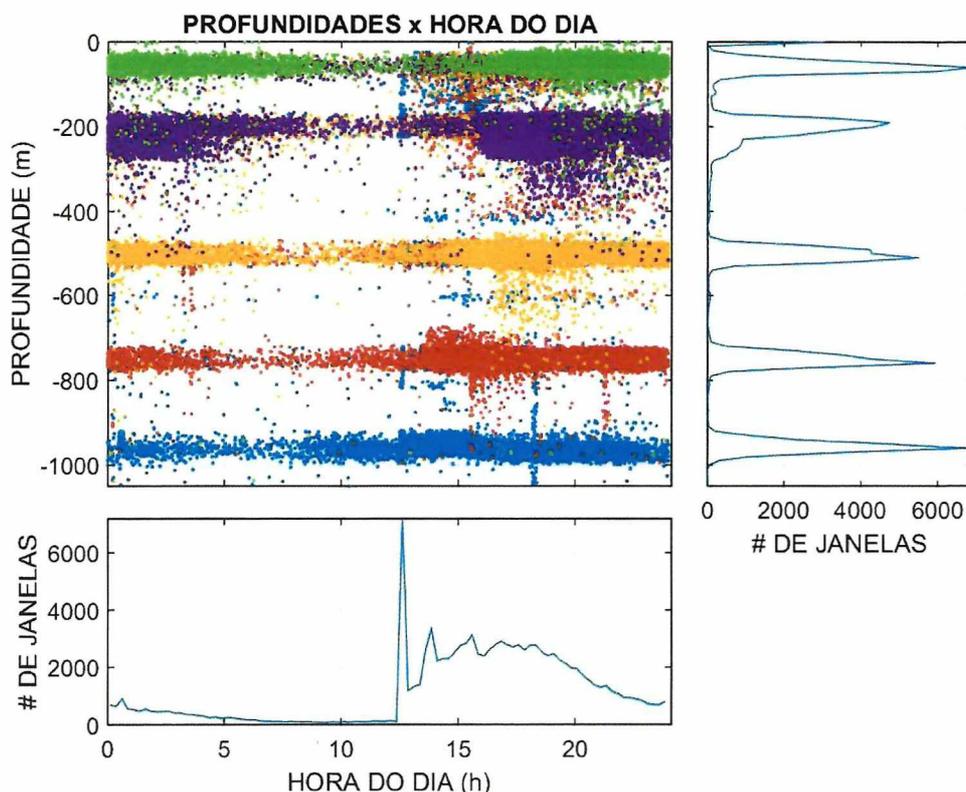


Figura V.4.4.1-1: Profundidade (m) das janelas acústicas em função da hora do dia (gráfico central) e histogramas da profundidade (gráfico da direita) e da hora do dia (gráfico inferior) nas quais as medições foram realizadas.

Uma informação complementar diz respeito ao intervalo de tempo entre as medições efetuadas. A Figura V.4.4.1-2 mostra um histograma do intervalo de tempo entre as janelas acústicas medidas pelos perfiladores. O histograma é bimodal, com a primeira distribuição indicando o tempo entre as janelas acústicas efetuadas por cada perfilador durante sua subida, em torno de 1,5 h e a segunda distribuição, em torno de 17 h, correspondendo ao tempo entre a última janela acústica em uma subida e a primeira janela acústica do próximo ciclo de subida.



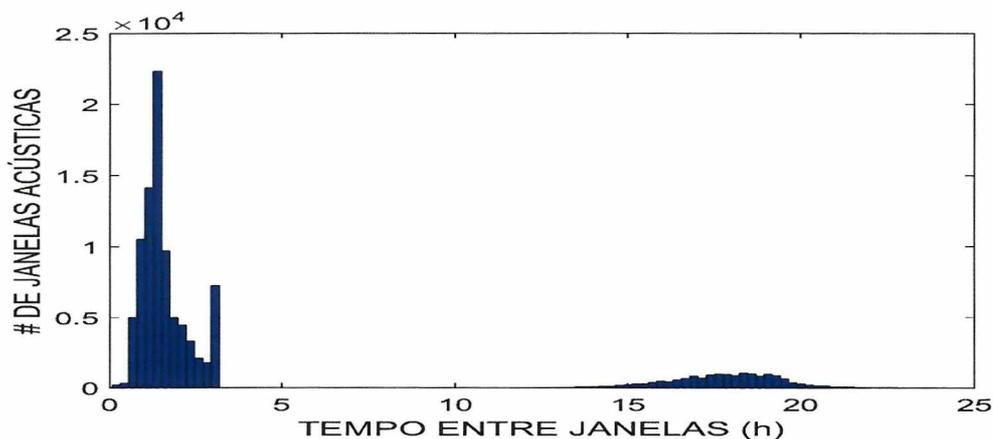


Figura V.4.4.1-2: Histograma do intervalo de tempo entre as janelas acústicas.

Outra informação interessante é a distância percorrida pelos perfiladores entre seus ciclos de medição. A Figura V.4.4.1-3 mostra um histograma da distância entre as posições obtidas pelos GPS dos perfiladores após cada ciclo de medição ao atingir a superfície e enviar os seus dados para o satélite. Esta distância variou bastante, indo até perto de 60 km. A moda do histograma ficou em torno de 4 km.

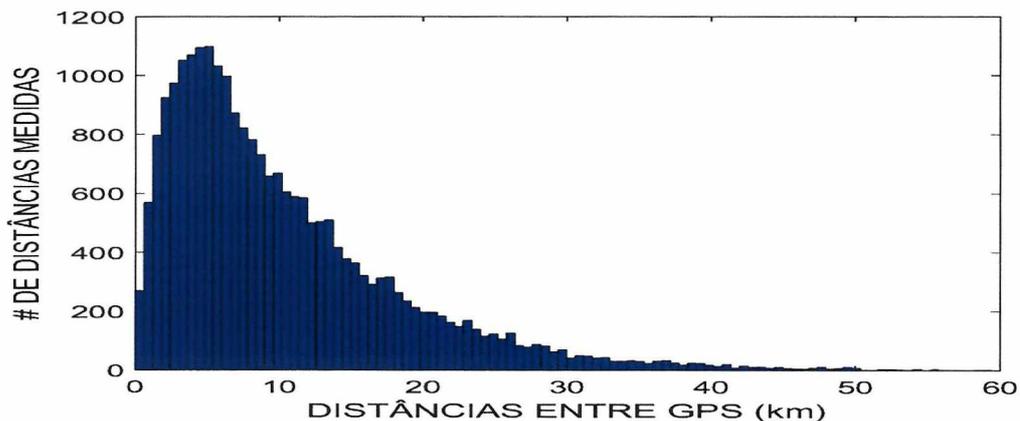


Figura V.4.4.1-3: Histograma da distância percorrida entre as posições GPS obtidas pelos perfiladores.

Também presente nos dados está a informação do tempo gasto pelo perfilador para mergulhar (tempo na superfície), após obter sua posição GPS. O histograma da Figura V.4.4.1-4 apresenta este tempo, sendo observado que o perfilador fica até cerca de 50 minutos na superfície, antes de mergulhar, com a moda do histograma sendo de cerca de 7 minutos.



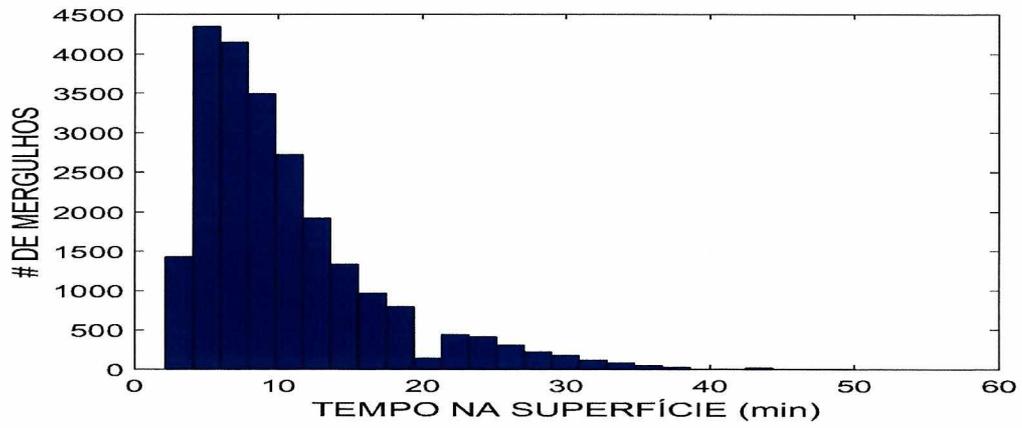


Figura V.4.4.1-4: Histograma do tempo gasto entre a obtenção da posição GPS e o mergulho do perfilador.

#### **V.4.4.2 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CORRENTES MARINHAS NAS MEDIÇÕES DAS LFI**

Os elevados níveis de ruído acústico observados nas LFI levaram à suposição de que eles pudessem ser provocados pela corrente oceânica passando por estas linhas. A passagem do fluxo de água pelo hidrofone provoca flutuações de pressão, como descrito por (STRASSBERG, 1979) e (ERBE *et al.*, 2015). Estas flutuações são captadas pelo hidrofone, mas têm uma origem não acústica, não fazendo parte do ambiente acústico, sendo chamada de pseudo-ruído.

A avaliação da influência das correntes marinhas nas medições das LFI foi feita usando-se os dados das LFI-FA02 e LFI-FA04 nas campanhas 01 e 02, que representam, respectivamente, uma linha posicionada em região próxima às atividades de E&P (LFI-FA02) e outra posicionada em região sem atividades de E&P e com pouco tráfego de embarcações. Para esta avaliação, foram usadas medições de corrente oceânica nas profundidades dos gravadores acústicos, feitas por equipamentos instalados nas linhas com este objetivo. Os dados, com os valores de velocidade e direção da corrente oceânica, foram medidos a cada 20 minutos.

A Figura V.4.4.2-1 apresenta a velocidade da corrente oceânica medida na LFI-FA02 nas campanhas 01 e 02, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, sendo que nos três gráficos inferiores, a apresentação é feita em função da hora do dia da medição, para cada dia. A velocidade varia desde alguns poucos cm/s até mais de 80 cm/s, com velocidades maiores para a linha na profundidade de 50 m, seguida da profundidade de 200 m. Na profundidade de 950 m, foram medidas velocidades menores que nas outras duas profundidades. Os trechos em branco na figura correspondem a períodos em que não foram coletados dados de corrente.

No mapa, é possível ver trechos de dias em que a velocidade aumenta, se mantendo elevado por alguns dias, principalmente nas profundidades de 50m e 200m.



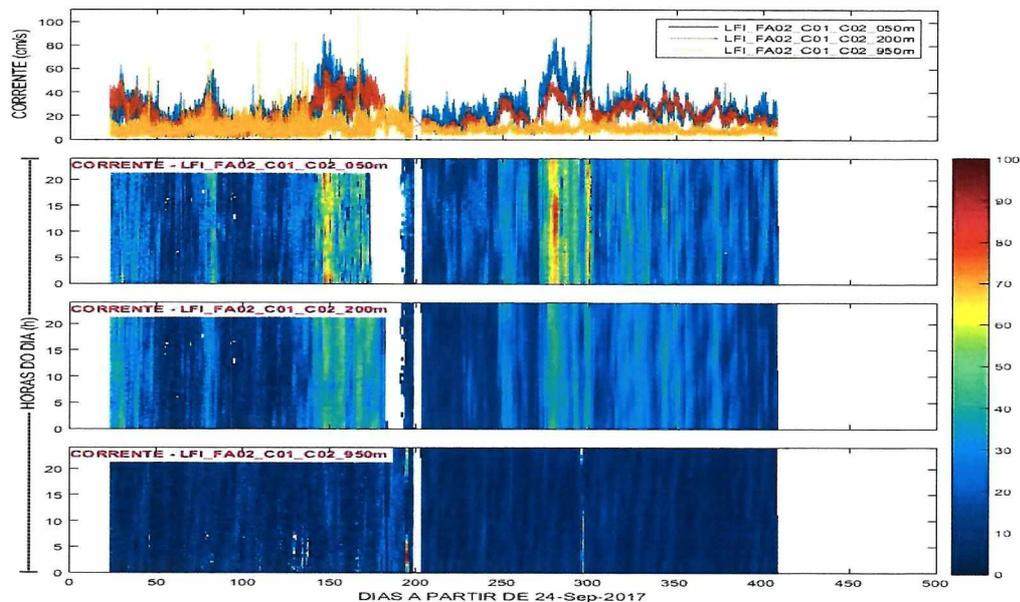


Figura V.4.4.2-1: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.

A Figura V.4.4.2-2 apresenta a velocidade da corrente oceânica medida na LFI-FA04 nas campanhas 01 e 02, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, sendo que nos três gráficos inferiores, a apresentação é feita em função da hora do dia da medição, para cada dia. A velocidade varia desde alguns poucos cm/s até mais de 100 cm/s, com velocidades maiores para a linha na profundidade de 50 m, seguida da profundidade de 200 m. Na profundidade de 950 m, foram medidas velocidades menores que nas outras duas profundidades.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

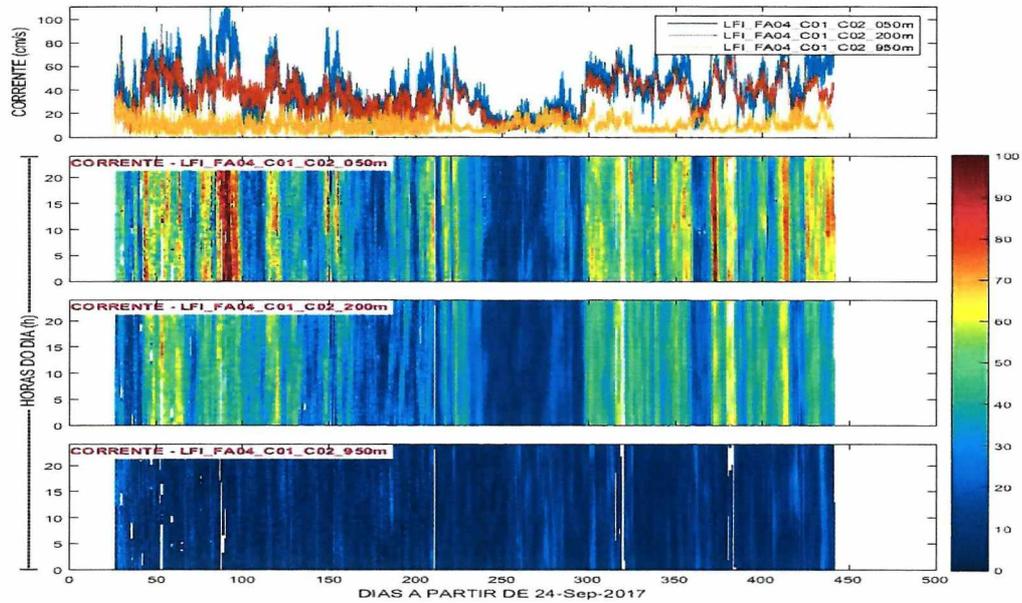


Figura V.4.4.2-2: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA04, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.

Para verificar a influência da corrente oceânica nos níveis de pressão sonora medidos nas LFIs, foi feita a correlação entre a velocidade de corrente e o  $SPL_{50p}$ , nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. A correlação foi feita para cada banda do espectro de 1/3 de oitava. A correlação foi feita usando-se todo o tempo disponível, para cada banda de frequência do espectro de 1/3 de oitava. A Figura V.4.4.2-3 apresenta os resultados para as duas linhas analisadas. Em todas elas, pode-se observar uma alta correlação entre a corrente oceânica e o  $SPL_{50p}$ , com maiores valores para as profundidades de 50 m e 200 m. Na FA02, a faixa de frequência afetada foi até cerca de 200 Hz, enquanto que para a FA04, a faixa de frequência afetada subiu até acima de 1.000 Hz.



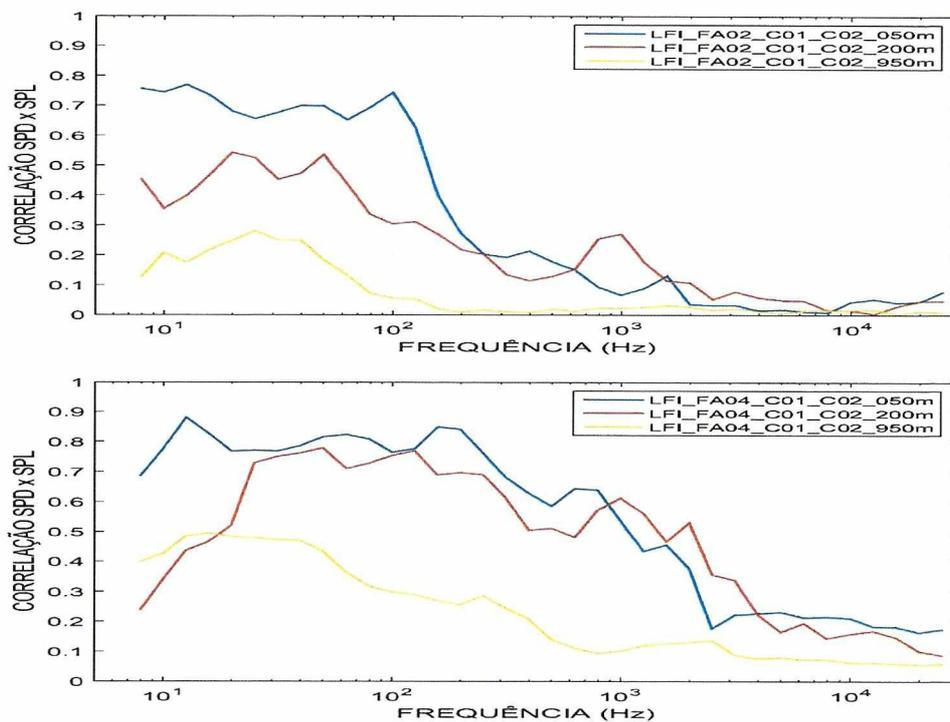


Figura V.4.4.2-3: Correlação entre  $SPL_{50P}$  e a velocidade de corrente para as LFI-FA02 (em cima) e LFI-FA04 (embaixo), para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, por banda do espectro de 1/3 de oitava, usando todo o tempo disponível.

Os gráficos da Figura V.4.4.2-3 não indicam se houve alguma variação da correlação ao longo dos dias de medição. Para permitir esta avaliação, foram feitas correlações utilizando-se os dados de um intervalo de tempo de quatro dias, com avanço de um dia. As Figuras V.4.4.2-4 e V.4.4.2-5 apresentam esta correlação por banda de frequência do espectro de 1/3 de oitava, em função do dia inicial da janela de quatro dias usada.

A Figura V.4.4.2-4 apresenta a correlação para a LFI FA02, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. Observa-se uma grande variação da correlação na profundidade de 50 m e um pouco menos na profundidade de 200 m, até a frequência de 150 Hz. Em ambos os casos, embora exista uma correlação alta entre as variáveis, existem alguns dias em que esta correlação ficou reduzida. Na profundidade de 950 m, uma correlação maior ocorreu apenas em alguns poucos dias.



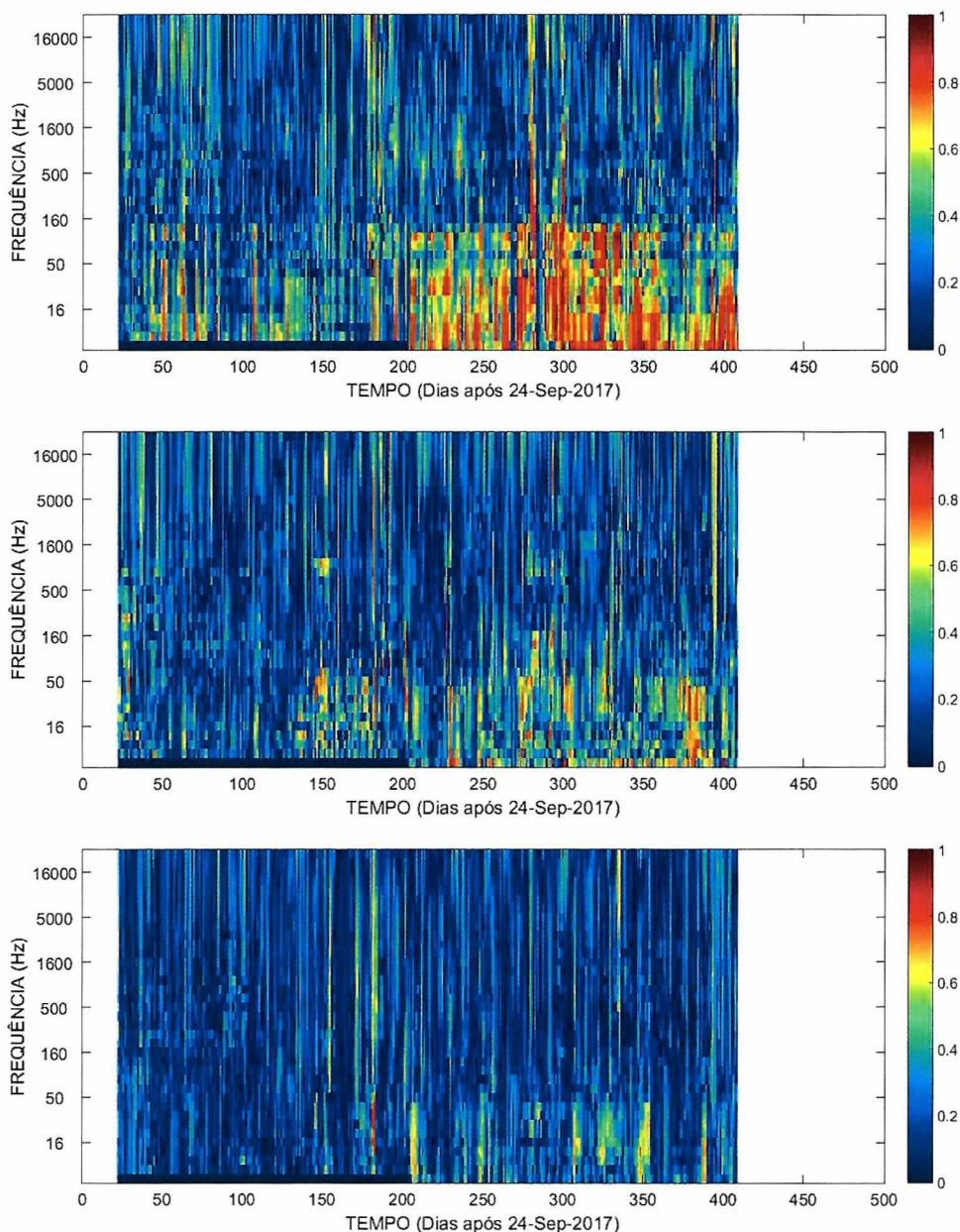


Figura V.4.4.2-4: Correlação entre  $SPL_{50P}$  e a velocidade de corrente para a LFI-FA02, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias.

A Figura V.4.4.2-5 apresenta a correlação para a LFI FA04, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. Observa-se que nas profundidades de 50 m e 200 m a correlação é alta durante quase todo o tempo de gravação, em frequências que vão até o filtro 25 (1.600 Hz).



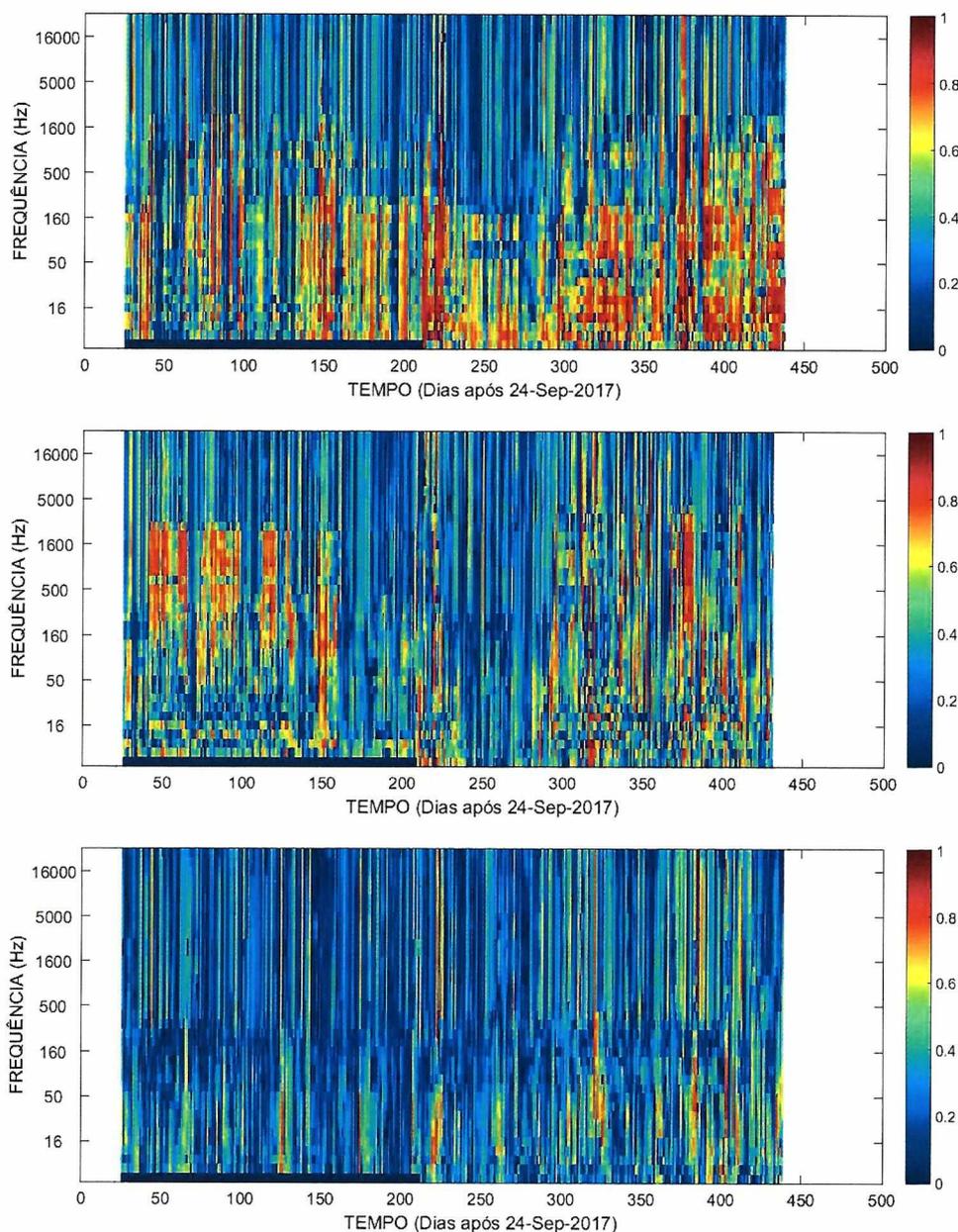


Figura V.4.4.2-5: Correlação entre  $SPL_{50p}$  e a velocidade de corrente para a LFI-FA04, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias.

A análise do parâmetro  $SPL_{50p}$  mostrou uma variabilidade muito grande ao longo dos dias de medição. Uma análise do áudio de trechos com níveis altos mostrou ser possível que a causa destes ruídos tenha origem na própria linha de medição, devendo estes ruídos serem considerados como ruído próprio. Estes ruídos próprios parecem ser induzidos pela corrente oceânica que passa pelas



linhas, como pode ser visto na alta correlação entre a velocidade da corrente oceânica e os níveis de ruído  $SPL_{50p}$ .

Das linhas analisadas, todas apresentaram problemas de indução de ruído próprio com a corrente oceânica, sendo mais intenso na LFI\_FA04, e mais intenso nas profundidades de 50 m e 200 m. Estes ruídos tornam inviável, a princípio, a utilização destas gravações como representativas do ruído ambiente nos locais das medições.

Para ilustrar a magnitude destes ruídos espúrios, mesmo havendo maior intensidade de atividade de E&P e uma rota preferencial de embarcações na posição do fundeio da LFI-FA02 do que no fundeio da LFI-FA04 (que está fora da área de influência destas atividades), os níveis de pressão sonora medidos pelos equipamentos acústicos na LFI-FA04 foram superiores aos níveis de pressão sonora na LFI-FA02, devido ao fato da velocidade das correntes marinhas ser superior próximo à LFI-FA04. Toda a região da Bacia de Santos está exposta ao efeito das correntes de contorno oeste (Corrente do Brasil e Contra-Corrente Intermediária) no talude continental que engloba profundidades até em torno de 2.000 m e sujeita ao efeito das correntes marinhas geradas por vórtices oceânicos e meandros das correntes de contorno, em profundidades superiores a 2.000 m.

Qualquer equipamento de medição acústica instalado em uma linha de fundeio na Bacia de Santos estará sujeito a elevados níveis de velocidades de correntes marinhas, que poderão afetar a qualidade das medições acústicas devido ao efeito do ruído de escoamento (*flow noise*), causado pelo efeito direto das correntes marinhas nos equipamentos acústicos e também devido à vibração de toda a linha de fundeio induzida por estas correntes. Especificamente para os equipamentos acústicos utilizados nas LFIs, foi utilizado um tecido sintético em volta da armação de aço inox onde o hidrofone estava fixado para evitar o fluxo direto das correntes em volta do sensor, mas o nível de ruído gerado pelas correntes marinhas ainda foi claramente percebido pelo hidrofone.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

#### V.4.4.3 INVESTIGAÇÃO SOBRE SINAIS OBTIDOS NAS LFIs

Nas Figuras V.4.4.3-1 a V.4.4.3-5, são apresentados exemplos de espectrogramas de diferentes sinais gravados nas LFIs, mostrando sinais obtidos em situações normais e em situações onde, aparentemente, a corrente oceânica provocou aumento do ruído medido pelos gravadores acústicos.

Na Figura V.4.4.3-1, o aumento no ruído foi grande o suficiente para provocar a saturação da gravação. Esta situação não era esperada para os valores de sensibilidade e ganhos usados nos sistemas de medição. No áudio deste trecho, percebe-se que o ruído é, provavelmente, proveniente do próprio sistema de aquisição, com ruídos que se assemelham a vibrações e choque entre objetos provocados pela passagem da corrente pela linha.

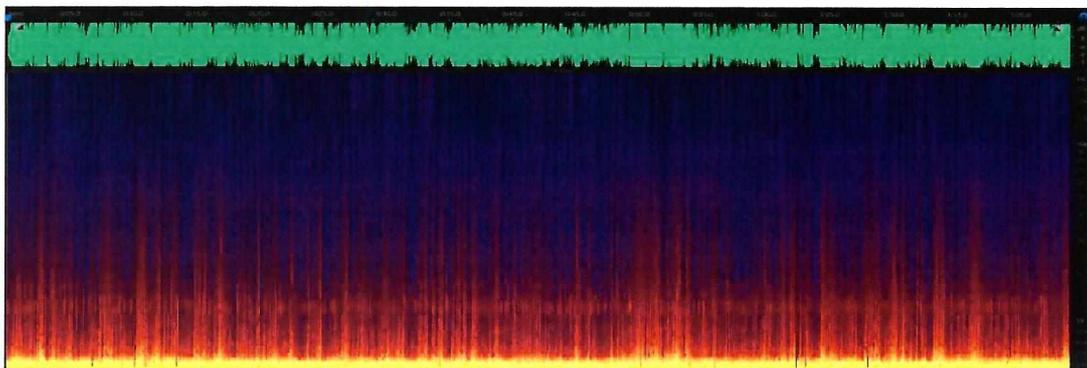


Figura V.4.4.3-1: Espectrograma de um arquivo gravado na LFIs, a 50 m de profundidade, em que ocorre a saturação da gravação por conta do elevado nível de ruído induzido pela corrente e choque de objetos na linha.

Na Figura V.4.4.3-2, observa-se a passagem de um navio próximo à linha. Neste caso, a corrente oceânica não interfere significativamente no ruído medido pelo sistema.



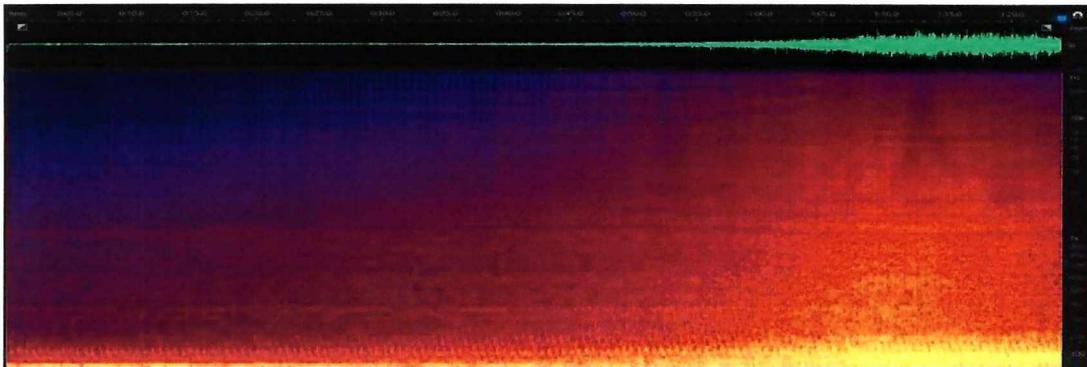


Figura V.4.4.3-2: Espectrograma de um arquivo gravado na LFI, a 50 m de profundidade, em que não ocorre a saturação da gravação, apesar da passagem de um navio próximo ao sensor.

Na Figura V.4.4.3-3, aparecem dois tipos de ruído no espectrograma, aparentemente provocados pela corrente oceânica. Um ruído de baixa frequência, até perto de 100 Hz, parecendo uma vibração, e um ruído de frequência mais alta, até perto de 2.000 Hz, parecendo uma fricção de alguma parte do sistema no hidrofone ou em algum objeto próximo.

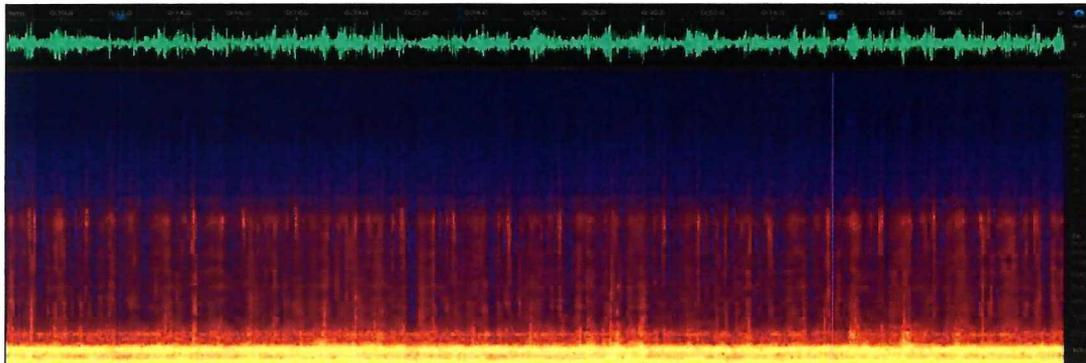


Figura V.4.4.3-3: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFI, a 50 m de profundidade, em que ocorrem elevados níveis de ruído induzidos pela corrente e fricção de objetos da linha.

Na Figura V.4.4.3-4, nota-se um ruído de vibração que entra em ressonância em um dado momento. Este ruído ocupa uma faixa de frequência baixa, até perto de 100 Hz, até entrar em ressonância, quando esta faixa aumenta para até 1.000 Hz. Junto a esse sinal, aparece um ruído logo acima de 1.000 Hz, que permanece por todo o tempo, parecendo ser a fricção de objetos próximos ao sistema de medição acústica.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

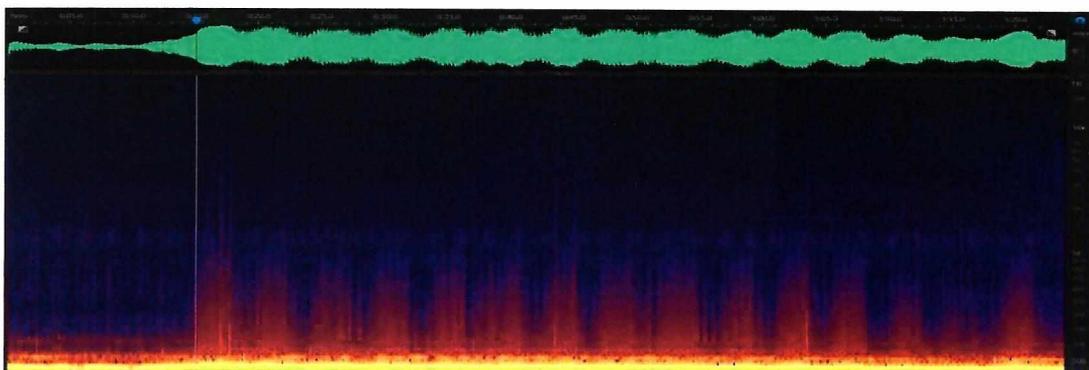


Figura V.4.4.3-4: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m de profundidade, em que ocorrem elevados níveis de ruído induzidos pela corrente e pela vibração da linha.

Na Figura V.4.4.3-5, aparece um ruído aparentemente de vibração, de baixa frequência, até 100 Hz, e um ruído de estalos, em torno de 2.000 Hz, que foram identificados no áudio como sendo, provavelmente, de origem biológica, mas sem que fosse possível a identificação do gerador do ruído.

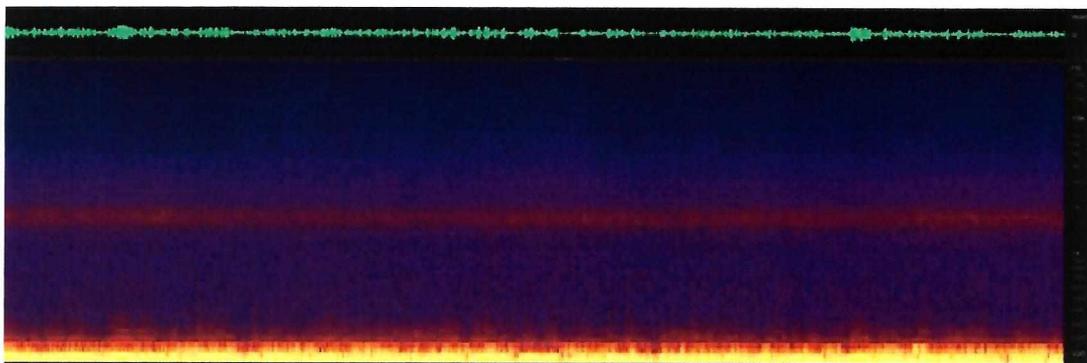


Figura V.4.4.3-5: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m, em que ocorrem ruídos decorrentes da vibração da linha e estalos de origem desconhecida.

Os sinais apresentados como exemplos para as LFIs mostram que houve um comprometimento da gravação com o ruído provocado, possivelmente, pela alta intensidade da corrente oceânica passando pelas linhas. Em diversas situações, o sinal chegou mesmo a saturar, algo não esperado para os valores de sensibilidade e ganhos usados nos sistemas de medição.

#### V.4.4.4 QUALIFICAÇÃO DOS DADOS DAS LFIs

Para o desenvolvimento de um método de qualificação dos dados provenientes das LFI's foram utilizados dois conjuntos de dados (LFI-FA02 e LFI-



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

FA04 dos dois primeiros ciclos de lançamento), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. Foram utilizados os parâmetros de  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente para cada profundidade.

Foram calculados os percentis (p1 a p100) dos valores de velocidade da corrente para cada LFI e seus respectivos sensores (50 m, 200 m e 950 m). Em seguida, para cada conjunto de dados dentro de um percentil (p1 a p100), foram calculados os coeficientes de correlação (usando o método de Pearson) entre os parâmetros espectrais e as velocidades da corrente oceânica correspondente, para cada LFI. Assim, é possível qualificar os dados acústicos baseado nos coeficientes de correlação calculados para cada percentil, considerando apenas os dados que possuem menores coeficientes de correlação com a corrente. Por exemplo, se o coeficiente de correlação calculado para os dados filtrados a partir do percentil de 25 (p25) é próximo de zero (ou tenha um valor aceitável), significa que 25% dos dados coletados em um determinado período é “aproveitável”.

A Figura V.4.4.4-1 mostra os resultados obtidos para LFI-FA02. Na profundidade de 50 m, observa-se que ~30% (p30) dos parâmetros de esp50p coletados tem menos de 10% de correlação com velocidade da corrente. Considerando este limiar de correlação, ~30% dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”.

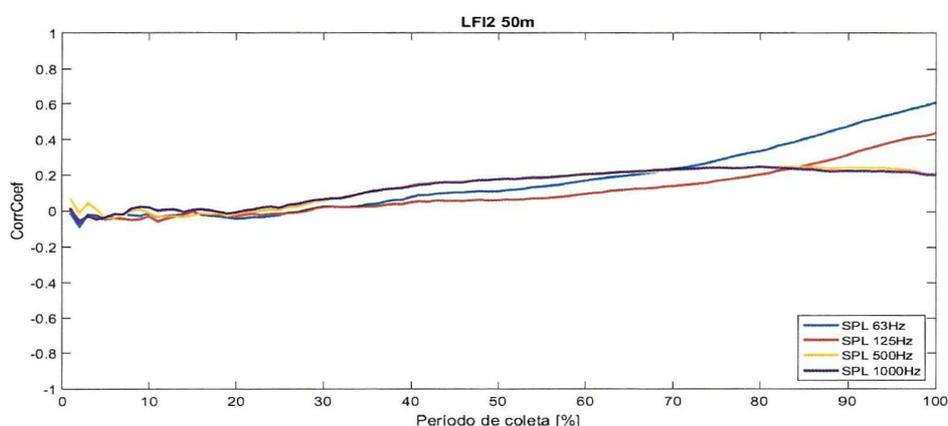


Figura V.4.4.4-1: Coeficiente de correlação entre parâmetros  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de



coleta (percentis) para LFI-FA02 na profundidade de 50 m.

Na profundidade de 200 m (Figura V.4.4.4-2), observa-se que ~40% (p40) dos parâmetros coletados tem menos de 10% de correlação com a velocidade da corrente. Considerando este limiar de correlação, ~40% dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”. Além disso, nota-se que há um comportamento semelhante em todas as frequências.

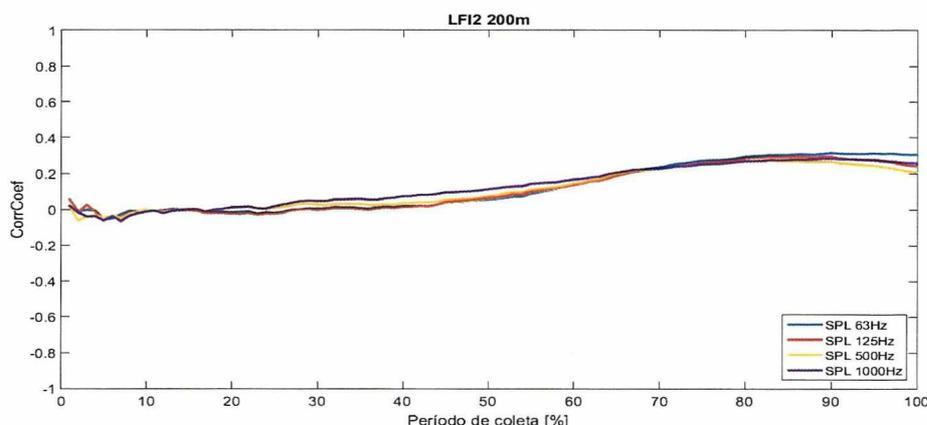


Figura V.4.4.4-2: Coeficiente de correlação entre os parâmetros  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA02 na profundidade de 200 m.

Na profundidade de 950 m (Figura V.4.4.4-3), observa-se que ~95% (p95) dos parâmetros de esp50p coletados tem menos de 10% de correlação com velocidade da corrente. Considerando este limiar de correlação, ~95% dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

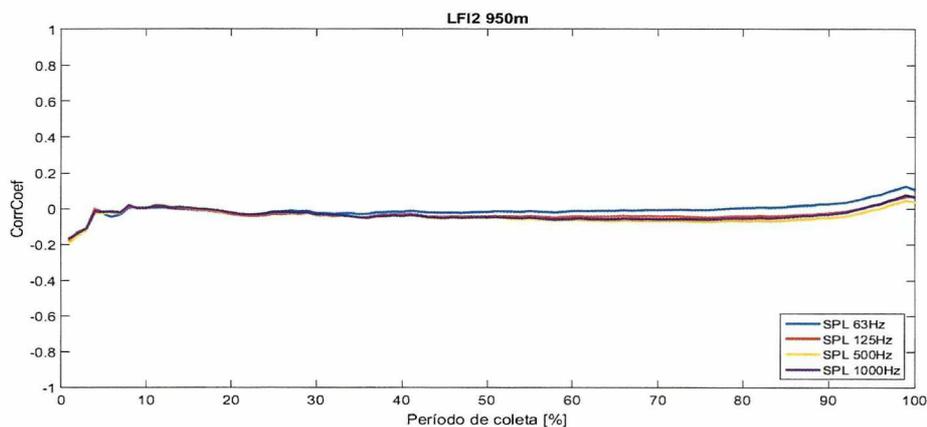


Figura V.4.4.3-3: Coeficiente de correlação entre os parâmetros  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA02 na profundidade de 950 m.

Para LFI 04, na profundidade de 50 m (Figura V.4.4.3-4), observa-se que ~2% (p2) dos parâmetros de esp50p coletados tem menos de 10% de correlação com velocidade da corrente. Considerando este limiar de correlação, apenas ~2% dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”.

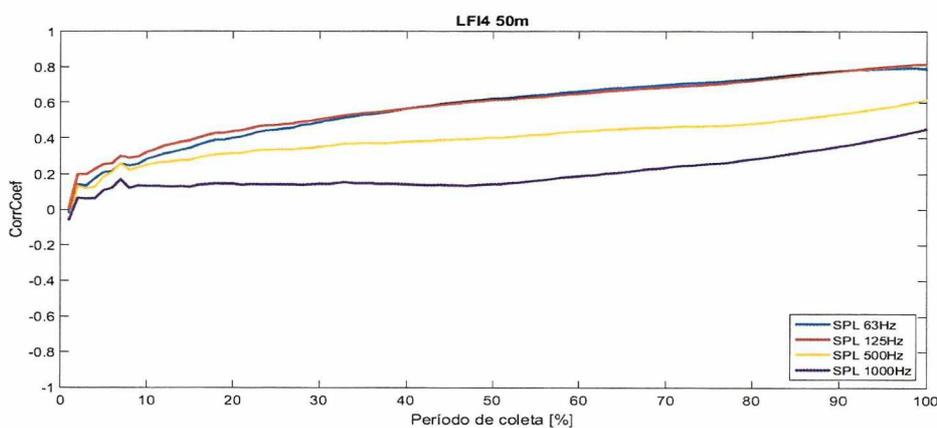


Figura V.4.4.4-4: Coeficiente de correlação entre os parâmetros  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA04 na profundidade de 50 m.

Na profundidade de 200 m (Figura V.4.4.3-5), observa-se que ~3% (p3) dos parâmetros de esp50p coletados tem menos de 10% de correlação com velocidade da corrente. Considerando este limiar de correlação, apenas ~3% dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”. Além disso, nota-se

que as frequências de 63 Hz e 125 Hz são as que sofrem a maior influência da corrente. Se fossem considerados apenas os parâmetros  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ , ~51% (p51) dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”.

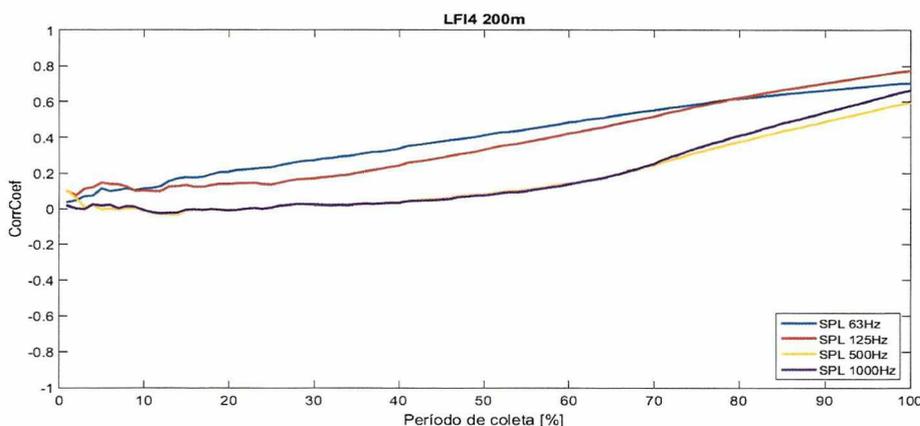


Figura V.4.4.4-5: Coeficiente de correlação entre os parâmetros  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA04 na profundidade de 200 m.

Na profundidade de 950 m (Figura V.4.4.4-6), observa-se que ~70% (p70) dos parâmetros de esp50p coletados tem menos de 10% de correlação com velocidade da corrente. Considerando este limiar de correlação, ~70% dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”. Além disso, nota-se que as frequências de 63 Hz e 125 Hz são as que sofrem a maior influência da corrente. Considerando apenas os parâmetros esp50 ( $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ), ~90% (p90) dos dados coletados no período poderiam ser “aproveitados”.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

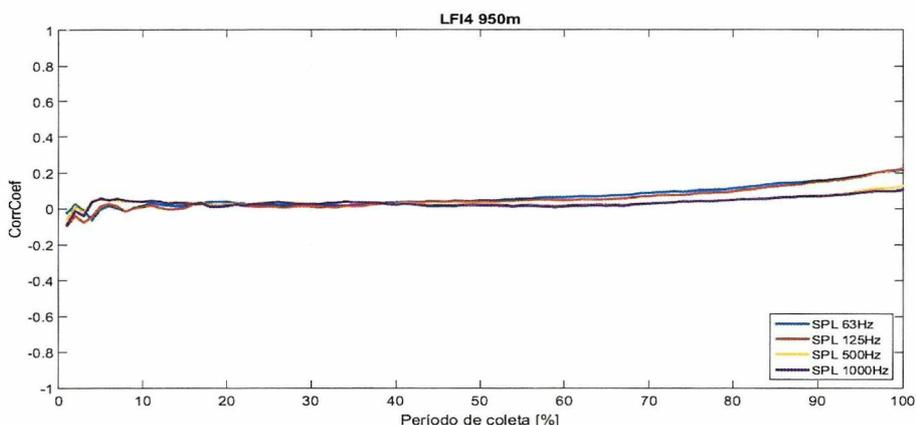


Figura V.4.4.4-6: Coeficiente de correlação entre os parâmetros  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  e a velocidade da corrente em função da porcentagem do período de coleta (percentis) para LFI-FA04 na profundidade de 950 m.

Na Tabela V.4.4.4-1, é apresentado o limiar de corrente oceânica cujo coeficiente de correlação com os parâmetros espectrais dos dados com correntes iguais ou menores que este limiar é 10%. Este limiar variou desde valores muito baixos, como 0,4 para a LFI-FA05 a 200 m de profundidade, usando o parâmetro  $SPL_{50P}$ , até valores mais altos, como 30,1 cm/s para a LFI-FA03 a 50 m de profundidade, usando o parâmetro  $SPL_{1000Hz}$ . O uso do limiar de corrente indicado para selecionar os dados a serem usados permitiu aceitar desde 1% dos dados coletados para a LFI-FA05 a 200 m de profundidade até 99% dos dados, como na LFI-FA02 a 950 m de profundidade.

Numa primeira abordagem, foi usado um limiar de corrente de 13 cm/s para se ter uma noção mais clara dos procedimentos a serem executados na qualificação dos dados. Este é o mesmo limiar usado para filtrar os dados dos *gliders* usando sua velocidade vertical de descida, que de uma certa forma dá uma indicação da velocidade do fluxo de água passando pelo seu hidrofone. Foi este o limiar utilizado para a qualificação dos dados das LFIs apresentados neste relatório. Outros valores poderão ser usados no futuro após uma análise mais criteriosa dos dados resultantes desta qualificação. Outras análises também poderão ser estudadas para uso no processo de qualificação, como, por exemplo, um teste de independência estatística entre a velocidade e os parâmetros espectrais.



Tabela V.4.4.4-1: Limiar de corrente para correlação de 10% e percentual dos dados que estão abaixo deste limiar.

Coeficiente de correlação <= 10%		
LFI# (prof)	Dados coletados[%]	Corrente[cm/s]
LFI2 (50m)	SPL <sub>63</sub> : 46%	SPL <sub>63</sub> : 11.4
	SPL <sub>125</sub> : 62%	SPL <sub>125</sub> : 17.3
	SPL <sub>500</sub> : 34%	SPL <sub>500</sub> : 8.1
	SPL <sub>1000</sub> : 33%	SPL <sub>1000</sub> : 7.9
	SPL <sub>50p</sub> : 25%	SPL <sub>50p</sub> : 5.7
LFI2 (200m)	SPL <sub>63</sub> : 61%	SPL <sub>63</sub> : 14.8
	SPL <sub>125</sub> : 61%	SPL <sub>125</sub> : 14.8
	SPL <sub>500</sub> : 60%	SPL <sub>500</sub> : 14.5
	SPL <sub>1000</sub> : 51%	SPL <sub>1000</sub> : 11.3
	SPL <sub>50p</sub> : 26%	SPL <sub>50p</sub> : 5.3
LFI2 (950m)	SPL <sub>63</sub> : 99%	SPL <sub>63</sub> : 26.2
	SPL <sub>125</sub> : 99%	SPL <sub>125</sub> : 26.2
	SPL <sub>500</sub> : 99%	SPL <sub>500</sub> : 26.2
	SPL <sub>1000</sub> : 99%	SPL <sub>1000</sub> : 26.2
	SPL <sub>50p</sub> : 79%	SPL <sub>50p</sub> : 10.9
LFI3 (50m)	SPL <sub>63</sub> : 67%	SPL <sub>63</sub> : 16.5
	SPL <sub>125</sub> : 19%	SPL <sub>125</sub> : 3.9
	SPL <sub>500</sub> : 73%	SPL <sub>500</sub> : 19.1
	SPL <sub>1000</sub> : 82%	SPL <sub>1000</sub> : 23.9
	SPL <sub>50p</sub> : 16%	SPL <sub>50p</sub> : 3.3
LFI3 (200m)	SPL <sub>63</sub> : 64%	SPL <sub>63</sub> : 11.4
	SPL <sub>125</sub> : 40%	SPL <sub>125</sub> : 6.7
	SPL <sub>500</sub> : 93%	SPL <sub>500</sub> : 24.7
	SPL <sub>1000</sub> : 96%	SPL <sub>1000</sub> : 30.1
	SPL <sub>50p</sub> : 23%	SPL <sub>50p</sub> : 3.9
LFI3 (950m)	SPL <sub>63</sub> : 99%	SPL <sub>63</sub> : 19.6
	SPL <sub>125</sub> : 99%	SPL <sub>125</sub> : 19.6
	SPL <sub>500</sub> : 99%	SPL <sub>500</sub> : 19.6
	SPL <sub>1000</sub> : 99%	SPL <sub>1000</sub> : 19.6
	SPL <sub>50p</sub> : 85%	SPL <sub>50p</sub> : 10.2
LFI4 (50m)	SPL <sub>63</sub> : 1%	SPL <sub>63</sub> : 0.9
	SPL <sub>125</sub> : 1%	SPL <sub>125</sub> : 0.9
	SPL <sub>500</sub> : 1%	SPL <sub>500</sub> : 0.9
	SPL <sub>1000</sub> : 4%	SPL <sub>1000</sub> : 3.1
	SPL <sub>50p</sub> : 1%	SPL <sub>50p</sub> : 0.9



**Coefficiente de correlação <= 10%**

LFI# (prof)	Dados coletados[%]	Corrente[cm/s]
LFI4 (200m)	SPL <sub>63</sub> : 11%	SPL <sub>63</sub> : 7.3
	SPL <sub>125</sub> : 11%	SPL <sub>125</sub> : 7.3
	SPL <sub>500</sub> : 52%	SPL <sub>500</sub> : 24.1
	SPL <sub>1000</sub> : 55%	SPL <sub>1000</sub> : 25.3
	SPL <sub>50p</sub> : 1%	SPL <sub>50p</sub> : 0.9
LFI4 (950m)	SPL <sub>63</sub> : 82%	SPL <sub>63</sub> : 11.7
	SPL <sub>125</sub> : 82%	SPL <sub>125</sub> : 11.7
	SPL <sub>500</sub> : 99%	SPL <sub>500</sub> : 23.8
	SPL <sub>1000</sub> : 99%	SPL <sub>1000</sub> : 23.8
LFI5 (50m)	SPL <sub>50p</sub> : 43%	SPL <sub>50p</sub> : 4.8
	SPL <sub>63</sub> : 14%	SPL <sub>63</sub> : 7.6
	SPL <sub>125</sub> : 17%	SPL <sub>125</sub> : 8.8
	SPL <sub>500</sub> : 41%	SPL <sub>500</sub> : 17.3
	SPL <sub>1000</sub> : 53%	SPL <sub>1000</sub> : 21.8
LFI5 (200m)	SPL <sub>50p</sub> : 5%	SPL <sub>50p</sub> : 3.1
	SPL <sub>63</sub> : 18%	SPL <sub>63</sub> : 6
	SPL <sub>125</sub> : 15%	SPL <sub>125</sub> : 4.9
	SPL <sub>500</sub> : 67%	SPL <sub>500</sub> : 22
	SPL <sub>1000</sub> : 65%	SPL <sub>1000</sub> : 21.2
LFI5 (950m)	SPL <sub>50p</sub> : 1%	SPL <sub>50p</sub> : 0.4
	SPL <sub>63</sub> : 71%	SPL <sub>63</sub> : 12.3
	SPL <sub>125</sub> : 53%	SPL <sub>125</sub> : 8
	SPL <sub>500</sub> : 99%	SPL <sub>500</sub> : 28.8
	SPL <sub>1000</sub> : 89%	SPL <sub>1000</sub> : 19.4
	SPL <sub>50p</sub> : 29%	SPL <sub>50p</sub> : 4.1



## VI SISTEMA DE MODELAGEM ACÚSTICA SUBMARINA - SIMAS

### VI.1 DESCRIÇÃO

O SIMAS é uma ferramenta para a previsão da paisagem acústica submarina que utiliza um modelo de propagação acústica baseado em modos normais, tendo como entrada os dados do sistema de identificação automática de navios (AIS) e dados oceanográficos. O objetivo é o desenvolvimento e implementação de um Modelo Computacional de Ruído Oceânico em um domínio tridimensional, englobando as principais bacias sedimentares marítimas brasileiras (Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo). Este sistema será ajustado e validado no futuro com dados acústicos obtidos em campo, e tem por objetivo uma eventual redução das medições contínuas por longo prazo.

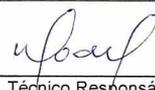
Os documentos “*Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas*”, partes II e III (DEKELING, 2014), fornecem orientações importantes sobre o desenvolvimento, implementação, validação e calibração de modelos de ruído oceânico, citando inclusive exemplos de modelos desenvolvidos em águas territoriais de diversos países.

A região oceânica objeto deste desenvolvimento inicial do modelo computacional de ruído oceânico está compreendida entre as latitudes 19° S e 27° S, e longitude 38° W e a linha de costa sul-sudeste brasileira. O SIMAS tem a capacidade de simular a propagação de fontes acústicas antrópicas, tais como ruído irradiado por navios e plataformas de petróleo, assim como de fontes ambientais (ruído gerado pela ação de ventos e ondas de superfície). O efeito aditivo destes diversos fatores tem que ser levado em consideração, como forma de gerar o campo mais fidedigno possível de ruído no interior do oceano.

Os produtos do SIMAS deverão ser mapas do ruído oceânico (1/6°x1/6°) produzidos por fontes antrópicas (navios, plataformas, etc.) e ambientais (ondas, ventos) nas faixas de 63 Hz e 125 Hz das bandas de 1/3 de oitava com caracterização do ruído SPL (dB re 1 µPA) para as estações do ano: Verão (Janeiro, Fevereiro, Março), Outono (Abril, Maio, Junho), Inverno (Julho, Agosto, Setembro) e Primavera (Outubro, Novembro, Dezembro). Também serão



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

3º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2019

gerados mapas mensais. A resolução de 1/6° vem sendo adotada como referência para representação e análise espacial de resultados gerados pelos projetos ambientais regionais desenvolvidos pela PETROBRAS na Bacia de Santos, para os quais se busca uma integração de produtos e resultados.

### **VI.1.1 FONTES ACÚSTICAS**

O parâmetro AIS processado para o SIMAS fornece a informação da posição das fontes acústicas, sendo assumido que para as embarcações a cavitação do hélice é a principal fonte de ruído. Estes arquivos são organizados por janelas temporais onde cada segmento de tempo tem duração de 1 hora e considera-se que cada navio identificado apareça apenas uma vez. Posteriormente, é associado a outro arquivo com as características da fonte. Para cada arquivo de fontes acústicas, é gerada uma imagem do ruído predito para a correspondente distribuição e é assumido que a posição das fontes fica inalterada até a alimentação do arquivo seguinte. O usuário é o responsável por determinar o espaçamento temporal entre arquivos de fontes.

O ruído irradiado por cada navio, dado pelo seu nível da fonte (SL) nas frequências de 63Hz e 125Hz, é usado para calcular a resposta acústica no meio de propagação. A Figura VI.1.1-1 mostra um mapa instantâneo AIS onde se exibe a posição de cada navio às 06:00h do dia 31/01/2016 juntamente a densidade de embarcações acumulada no ano de 2016.



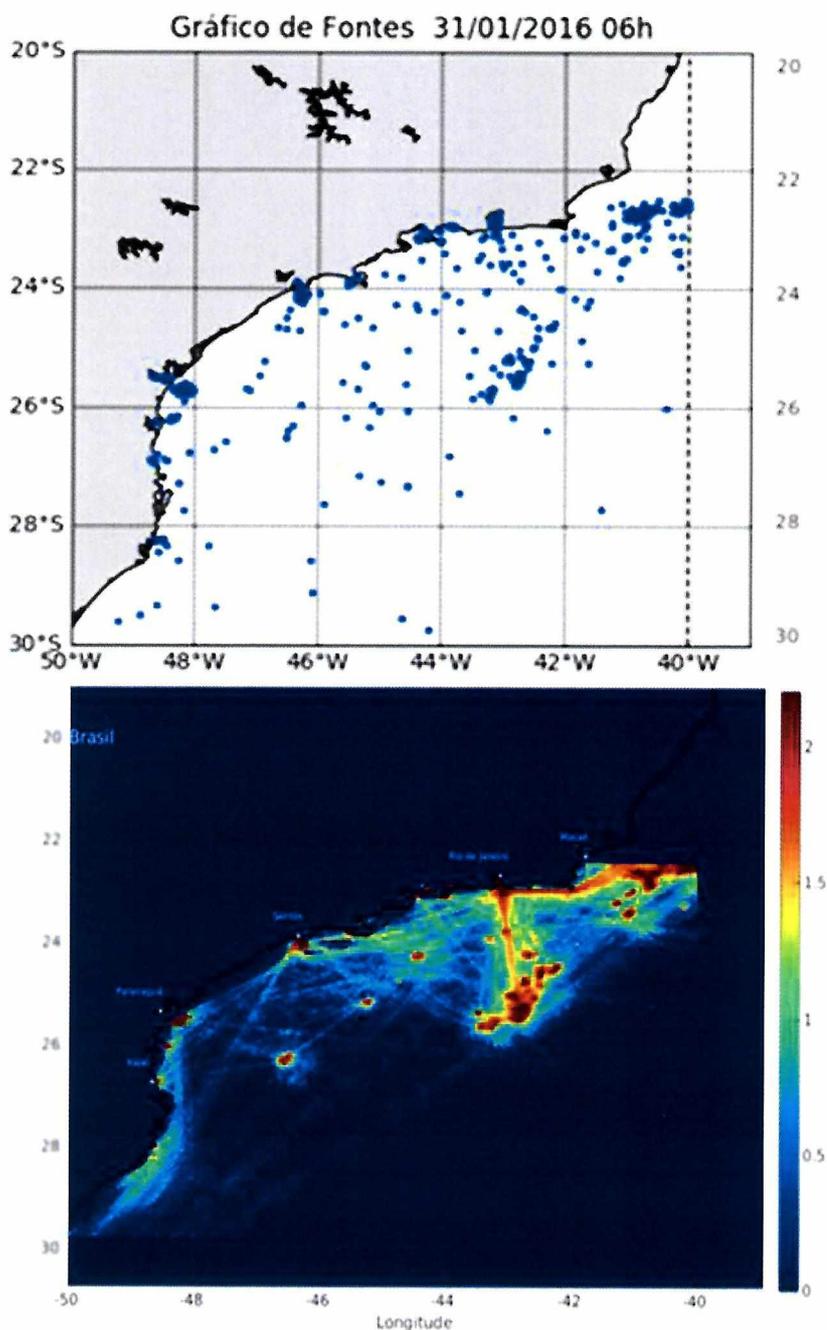


Figura VI.1.1-1: Gráfico de fontes para um Instante (em cima) e densidade de AIS do ano de 2016 (embaixo).

### VI.1.2 ESPECTROS SONOROS

O ruído propagado por cada fonte é uma combinação do nível da fonte *SL* com a resposta acústica do meio de propagação entre a fonte e uma dada posição de medição. Um conjunto de espectros de ruído representativos do *SL* dos navios obtidos a partir de MCKENNA(2012) foi utilizado nesta modelagem

acústica, devido à não disponibilidade de dados reais, no momento, para esse sistema. Estes espectros são apresentados como os níveis em bandas de oitava com frequências centrais de 32, 63, 125, 250, 500 e 1.000 Hz. O sistema usa os dados do AIS para obter o tipo do navio e sua velocidade e, em seguida, seleciona um espectro que represente seu nível da fonte.

A Figura VI.1.2-1 mostra os espectros para algumas classes de navios, incluindo diferentes tipos de cargueiro, petroleiro, de passageiros, etc.

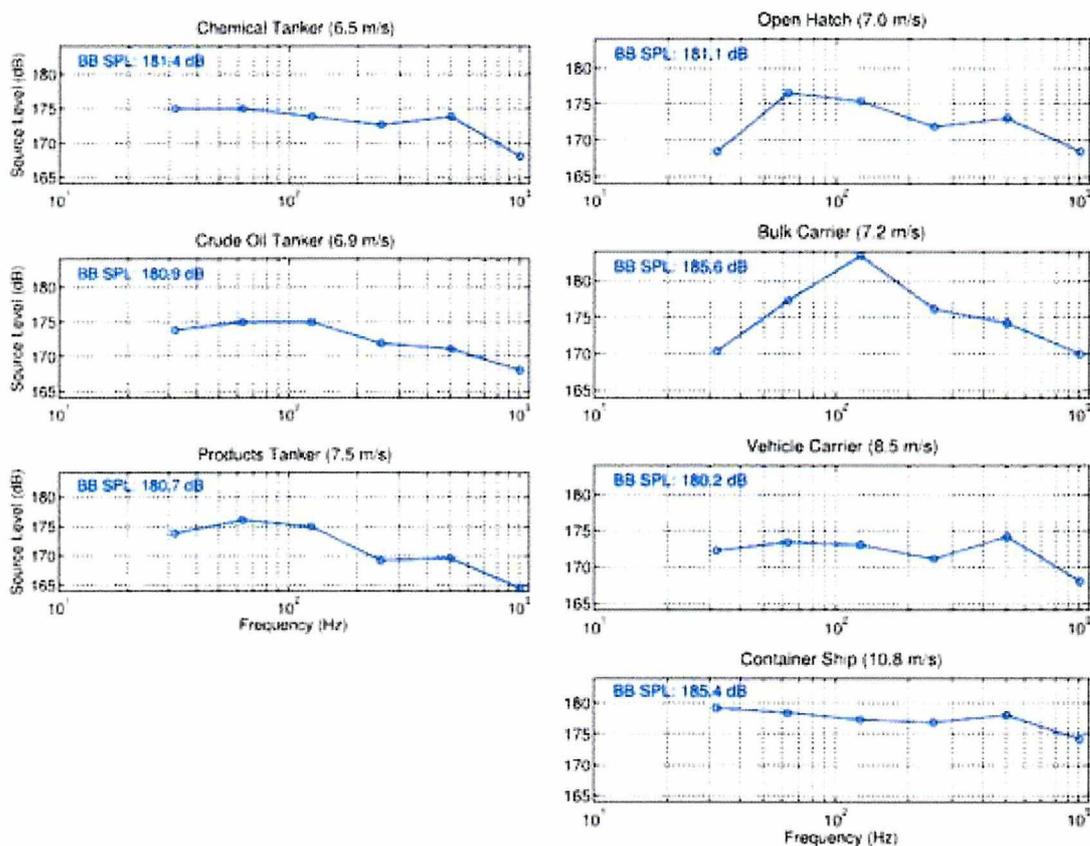


Figura VI.1.2-1: Níveis de uma oitava de banda de fontes sonoras para 3 petroleiros (esquerda), 3 cargueiros de escotilha aberta e a granel (superior direita) e um porta-container (inferior direita). (Fonte: MKENNA, 2012)

Os valores de energia nas bandas de oitavas foram usados para calcular o SL equivalente em bandas de terço de oitava usadas no SIMAS.

### VI.1.3 PARÂMETROS AMBIENTAIS

O SIMAS é alimentado com uma descrição do ambiente, incluindo batimetria, campo de temperatura e salinidade, e os parâmetros do fundo



marinho. A batimetria da área de estudo utilizada é mostrada na Figura VI.1.3-1. A Plataforma Continental tem uma variabilidade moderada nas primeiras dezenas de quilômetros. O talude continental íngreme faz com que a profundidade aumente rapidamente de 300 m para 2.000 m dentro de poucas milhas, enquanto que a área além do talude tem uma profundidade de cerca de 3.000 m.

A coluna d'água é representada por um campo de temperaturas e salinidades tri-dimensional, o qual é convertido em velocidade de propagação do som. Este campo de temperaturas e salinidades com atualização diária é obtido no modelo global *Mercator Analysis*, com 1/12° de resolução.

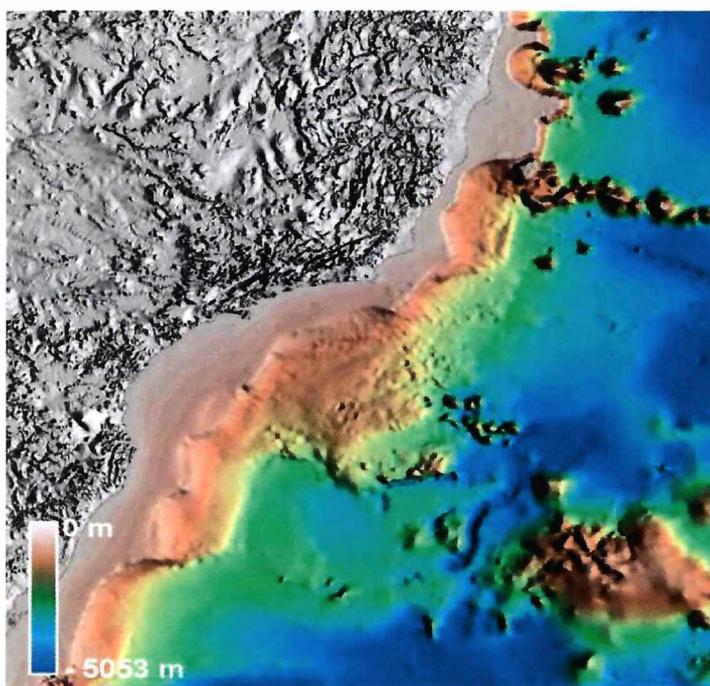


Figura VI.1.3-1: Representação Batimétrica da Bacia de Santos (Fonte: CPRM, 2003, pag. 96)

O fundo marinho é parametrizado por velocidade compressional, densidade, atenuação e altura (considerou-se uma profundidade do sedimento de 20 m). Para os parâmetros do fundo infinito, tais como velocidade compressional, densidade e atenuação, a escolha dos valores foi baseada em um arquivo de faciologia com resolução de 1/12° fornecido pela PETROBRAS.



*CB*  
Coordenador da Equipe



*W. B. A. F.*  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

O SPL correspondente ao ruído de fundo (RF) foi estimado através do nível do espectro, da largura de banda (Bw) da frequência central (Fc) e do estado de mar a partir das curvas da Figura VI.1.3-2 (URICK, 1983).

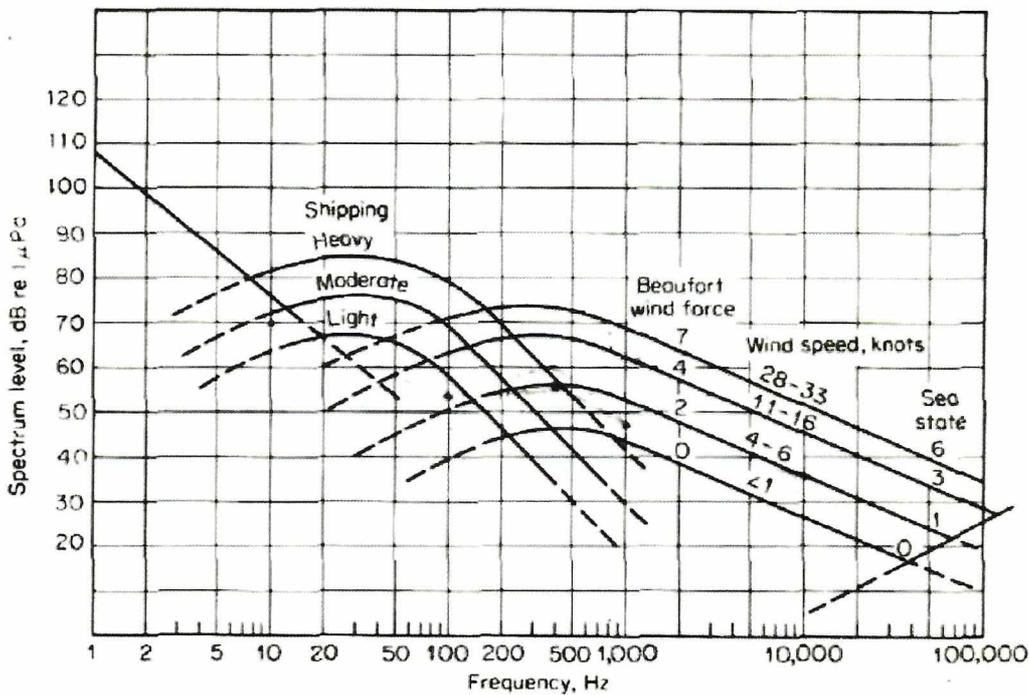


Figura VI.1.3-2: Curvas de ruído ambiente em águas profundas para diferentes fontes de ruído. (fonte: URICK, 1983, pag. 189).

#### VI.1.4 CÁLCULO DOS MODOS NORMAIS

A perda de transmissão acústica (TL) é calculada como uma combinação dos modos normais obtidos através da resolução da equação de onda formulada no domínio da frequência da equação de Helmholtz. Os modos normais são calculados apenas quando as propriedades do meio ambiente se modificam. Na prática, batimetria e propriedades do fundo marinho se mantêm inalterados e os parâmetros ambientais variam lentamente, sendo que pequenas alterações nestes parâmetros representam pouco impacto na propagação. Assim sendo, é possível estabelecer um intervalo de validade para os modos normais de horas ou mesmo dias.

A Figura VI.1.4-1 mostra o fluxo correspondente ao cálculo dos modos normais. Os parâmetros ambientais consistem de batimetria, temperatura, salinidade e descrição do fundo marinho.



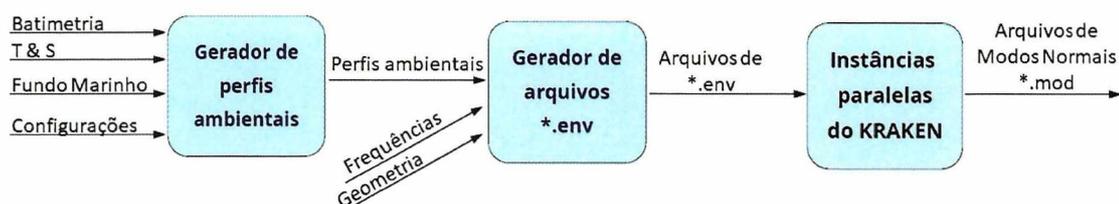


Figura VI.1.4-1: Fluxo do cálculo de modos normais com o modelo KRAKEN.

O processamento da batimetria consiste em obter isolinhas de profundidades predefinidas, a partir das quais é calculada uma Triangulação de Delaunay, que resulta numa rede de nós distribuídos pela superfície segundo uma geometria triangular. A cada nó da triangulação de Delaunay é atribuída uma profundidade da coluna d'água, sendo que os modos normais serão calculados para cada nó da triangulação. A Figura VI.1.4-2 mostra um exemplo do processamento da batimetria. No painel da esquerda mostra-se a batimetria da Bacia de Santos onde é possível observar uma variabilidade na topografia da plataforma continental, o talude continental, e uma menor variabilidade em zonas mais afastadas da costa. Para gerar a triangulação, primeiro foram calculados contornos para profundidades selecionadas segundo uma função parametrizada de forma a aumentar o espaçamento com o aumento da profundidade. No painel à direita da Figura VI.1.4-2 mostra-se a triangulação de Delaunay. É possível observar uma maior densidade de nós onde a topografia varia mais, como no talude continental, e uma menor densidade de nós nas zonas de menor variabilidade.

Os perfis de temperatura e salinidade são fornecidos em um arquivo que permite inserir dados variáveis no plano longitude / latitude. Para cada ponto da grade, é atribuído um perfil de velocidade de propagação na sua vizinhança, calculado a partir dos perfis de temperatura e salinidade, e um conjunto de parâmetros das duas camadas do fundo marinho na respectiva posição.

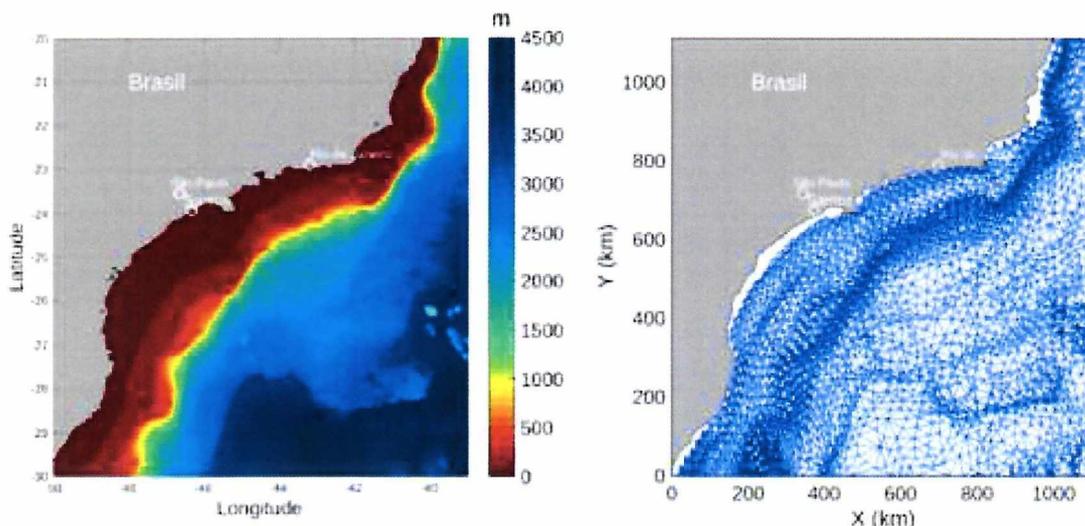


Figura VI.1.4-2: Batimetria da área da Bacia de Santos (esquerda); triangulação de Delaunay obtida para cálculo de modos normais (direita).

Uma vez gerados os perfis ambientais ao longo da grade triangular, é acrescentada a informação geométrica, que consiste do conjunto de todas as profundidades de emissores e receptores acústicos, distância horizontal máxima entre emissor e receptor e o conjunto de frequências. Esta informação é necessária porque modos normais são funções da profundidade e frequência, e apenas estamos interessados em profundidades nas quais possam existir fontes ou emissores. Com esta informação, é possível gerar os arquivos de entrada para o modelo KRAKEN (PORTER, 1991) e que são processados por instâncias paralelas do programa. Para cada arquivo de entrada será gerado o respectivo arquivo de modos normais.

O número de nós para cálculo dos modos normais será da ordem de milhares a dezenas de milhares. Em cada nó, o número de modos normais pode ser de um a centenas para cada frequência, visto que o número de modos normais cresce de forma aproximadamente linear com profundidade e frequência.

### VI.1.5 CÁLCULO DO CAMPO ACÚSTICO

Após o cálculo dos modos normais, é efetuado o cálculo do campo acústico, cujo fluxo de processamento pode ser observado na Figura VI.1.5-1. À esquerda do diagrama surgem as entradas para este fluxo, onde a



geometria das fontes consiste na posição no plano longitude/latitude e profundidade de cada fonte individual. As fontes acústicas são modeladas como fontes pontuais. A geometria dos receptores é um disco de 360° para cada profundidade e para cada frequência, centrado na posição da fonte, consistindo a sua parametrização de um dado raio e espaçamentos em ângulo e distância para cada profundidade.

A triangulação de Delaunay também entra neste fluxo: para cada fonte acústica são extraídos os nós relevantes para o cálculo da TL ao longo do respectivo disco. Para cada nó existe um número de arquivos de modos normais igual ao número de frequências. Com isso é possível gerar um arquivo de entrada para o módulo FIELD3D (KUPERMAN, 1991) para cada fonte acústica e cada frequência. O valor dos modos normais dos receptores localizados no interior de um triângulo é calculado por meio da interpolação da informação disponível nos três vértices (os nós).

Os discos de TL são associados ao SL para a integração da densidade espectral de potência ao longo das frequências a fim de obter o disco do nível sonoro de banda larga.

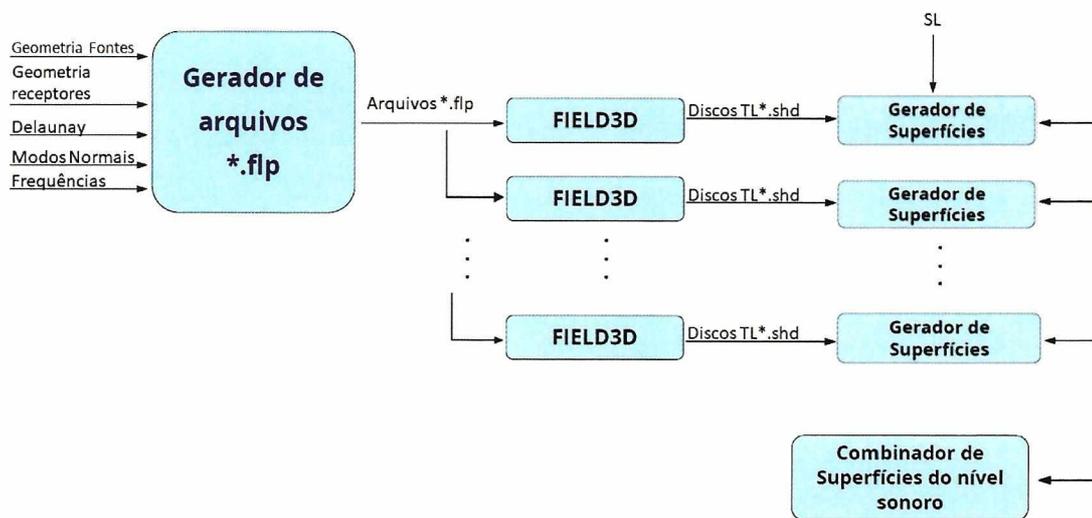


Figura VI.1.5-1: Fluxo do cálculo do nível sonoro usando o módulo FIELD3D do modelo de modos normais KRAKEN.

A Figura VI.1.5-2 mostra exemplos de discos de SPL obtidos no atual cenário para um navio que cruzava numa posição com profundidade local de aproximadamente 2.000 m de profundidade. Os discos foram calculados para



uma profundidade de 100 m e com um raio de 100 km. O nível da fonte é de 175 dB para a banda com frequência central de 63 Hz (painel esquerdo) e de 173 dB para a banda de frequência central de 125 Hz (painel direito). Observa-se que a atenuação do nível irradiado varia entre, aproximadamente, 80 e 110 dB. O decaimento não é linear com a distância como se observa pela existência de vários anéis em redor da posição da fonte. Os anéis se devem às zonas de sombra, no caso dos níveis sonoros baixos e às zonas de convergência, no caso dos níveis sonoros mais elevados. O mapa de ruído é obtido por meio de uma sobreposição do nível sonoro irradiado por múltiplas fontes sonoras para todos os receptores ao longo de posições contidas numa grade pré-estabelecida, de onde resulta a superfície do nível sonoro total que se pretende obter.

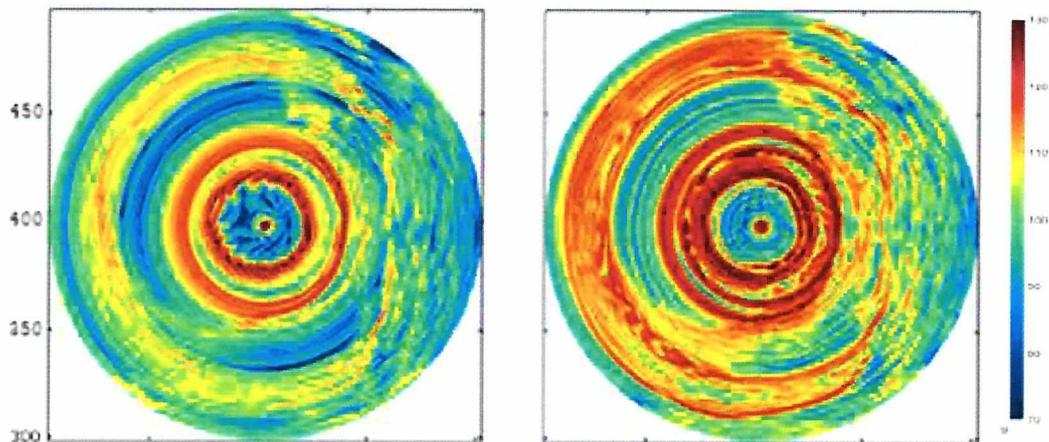


Figura VI.1.5-2: Discos do nível sonoro a 100 m de profundidade, em dB re 1  $\mu\text{Pa}$ , com fonte acústica a 8m de profundidade, obtidos no cenário da Bacia de Santos: 63Hz (esquerda) e 125Hz (direita).

A Figura VI.1.5-3 mostra um exemplo de resposta acústica que é calculada para cada fonte pelo modelo KRAKEN, onde as entradas são a geometria emissor/receptor e os parâmetros do meio ambiente dados anteriormente, e a saída é o disco das perdas na transmissão para cada frequência. A contribuição individual para o mapa de ruído é calculada a fim de gerar o disco de SPL, o qual é acumulado na matriz contendo o mapa de ruído, como ilustrado pela Figura VI.1.5-3. Este procedimento é repetido para cada instante temporal incluído na descrição da geometria das fontes acústicas, cujo resultado é visto como um processo de amostragem periódica do nível de ruído ao longo do plano longitude/latitude para cada profundidade, produzindo-se uma

série temporal de imagens de ruído instantâneas. Neste caso, as imagens acústicas foram geradas com intervalo de 1 hora, que é uma escolha para permitir uma amostragem suficiente e, ao mesmo tempo, manter uma carga computacional e volume de dados sintéticos acomodáveis. A série temporal de níveis instantâneos são pós-processadas para obter indicadores significativos, tais como níveis médios ou níveis excedidos em proporção do tempo, para efeitos de avaliação dos níveis de ruído.

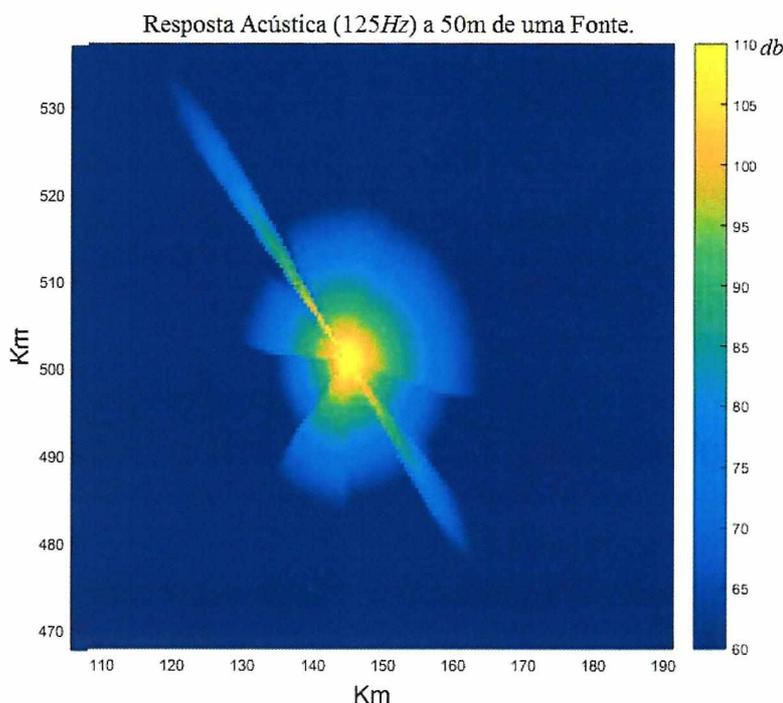


Figura VI.1.5-3: Ilustração da simulação de propagação feita pelo SIMAS para uma única fonte.

## VI.2 RESULTADOS OBTIDOS

Quando as fontes de ruído são móveis, o ruído é de natureza não estacionária devido à elevada dinâmica na geometria destas fontes, que pode induzir variações significativas da exposição sonora do meio ambiente no tempo e no espaço. O mapa de ruído permite identificar as regiões mais críticas possibilitando avaliar as áreas de influência das fontes sonoras frente ao ambiente marinho.

A Figura VI.2-1 mostra um exemplo de mapa do nível de ruído instantâneo para a banda de 1/3 de oitava com frequência central de 63 Hz no dia



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

13/04/2016 às 18:00h, a 50 m, 200 m e 1.000 m de profundidade. A informação de posição das fontes foi obtida através de AIS.

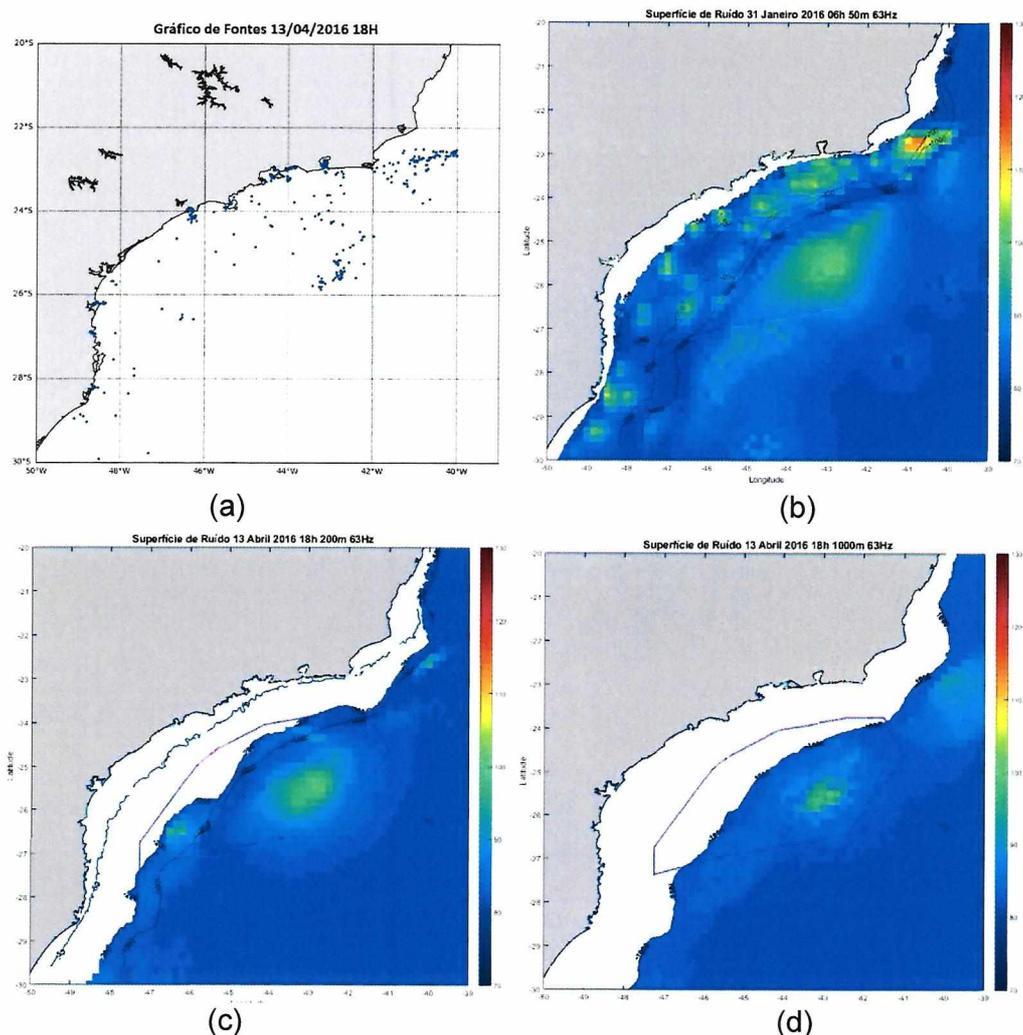


Figura VI.2-1: Posição das embarcações (a) e mapa do nível de ruído instantâneo para a banda de 1/3 de oitava da frequência de 63 Hz no dia 13/04/2016 às 18:00h a 50 m (b), 200 m (c) e 1.000 m (d) de profundidade.

O mapa do nível de ruído instantâneo mostrado na Figura VI.2-2 para a banda de 1/3 de oitava da frequência de 125 Hz no dia 30/01/2016 às 06:00h a 50 m, 200 m e 1.000 m de profundidade demonstra coerência com o mapa AIS e, analisando apenas os aspectos visuais dos mapas, é possível observar uma quantidade de cores indicativas de maiores níveis de ruído (segundo a escala)

nos locais de maiores concentrações de fontes, ficando claro a influência da posição/ densidade das fontes com o nível de ruído.

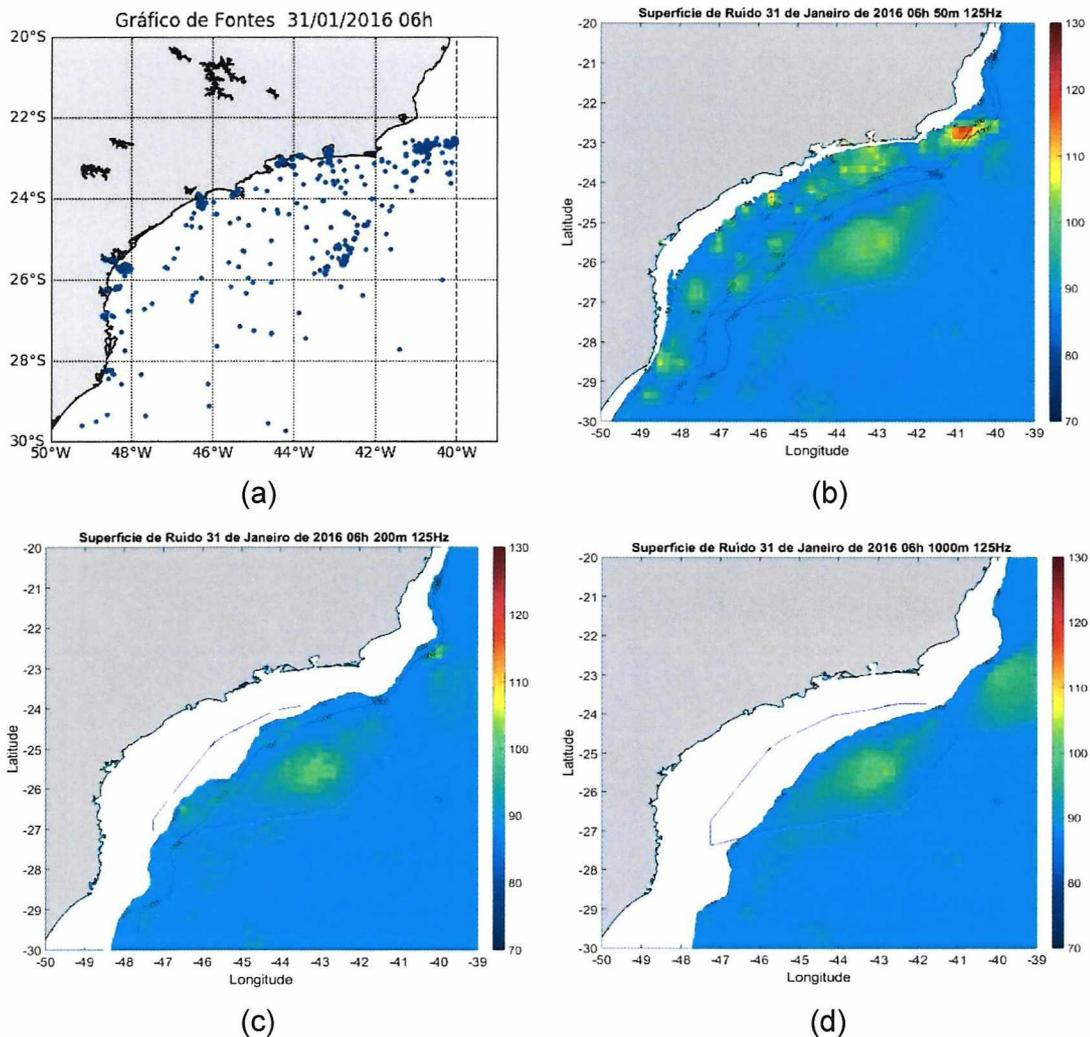


Figura VI.2-2: Posição das embarcações (a) e mapa do nível de ruído instantâneo para a banda de 1/3 de oitava da frequência de 125 Hz no dia 30/01/2016 às 06:00h a 50 m (b), 200 m (c) e 1.000 m (d) de profundidade.

### VI.2.1 VALIDAÇÃO DO MODELO

O objetivo do SIMAS é a criação de mapas de ruído para a região da Bacia de Santos. Para verificar a correção do mapa criado, é necessário comparar dados modelados com dados reais. O procedimento consistiu em se fazer a modelagem para igual período dos dados medidos e comparar os resultados.

Os dados medidos, apresentados como referência, seguiram a metodologia de validação e processamento apresentados no item IV.1 e no



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

APÊNDICE F do presente relatório. Os resultados desta comparação devem ser considerados como um primeiro passo consistente até que se tenham dados e conhecimento suficientes para permitir uma validação adequada dos procedimentos desenvolvidos e posterior análise integrada de todos os resultados acústicos auferidos no escopo do projeto.

Cada valor medido em uma determinada latitude/longitude foi associado a um evento (evento 1, evento 2, etc), iniciando-se no canto inferior esquerdo do mapa geográfico (evento 1) e prosseguindo linha a linha, da esquerda para a direita na linha, incrementando o número do evento à medida que se encontra um quadrado com medição. A Figura VI.2.1-1 mostra um exemplo de como os eventos são definidos. Posteriormente, foi obtido o valor modelado correspondendo ao indicador “média” para cada evento, para permitir avaliar a diferença entre os dados medidos e modelados.

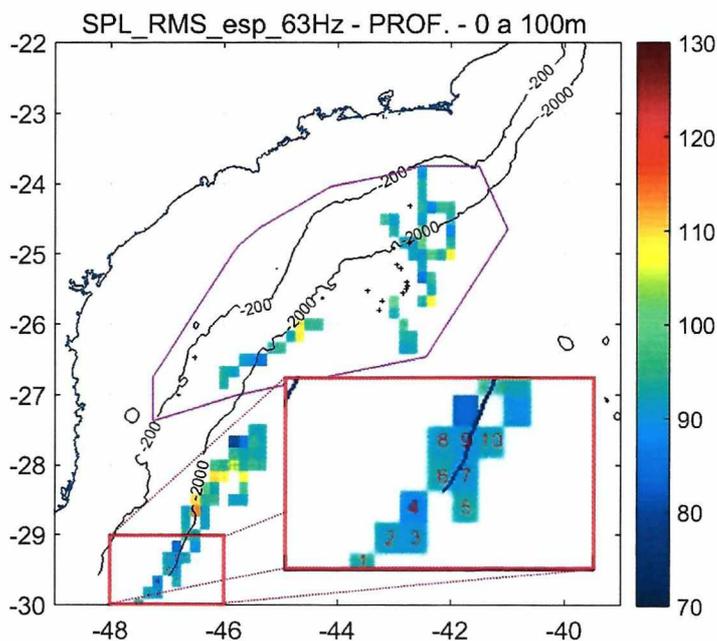


Figura VI.2.1-1: Mapa de dados medidos apresentando os dez primeiros eventos considerados para a comparação com os dados modelados.

Para facilitar a comparação entre os dados modelados e os medidos, aplicou-se uma média móvel simples (MMS) com uma janela de cinco amostras



com o objetivo de suavizar as curvas. Também foram calculados a média e o desvio padrão (média +/- desvio padrão) referentes a cada período analisado. A diferença entre os dados medidos e modelados foi quantificada calculando-se a raiz quadrada do erro médio quadrado (RMSE, do inglês *Root Mean Square Error*) e a tendência (BIAS) usando:

$$RMSE = \sqrt{1/N \sum (y_{mod} - y_{obs})^2}$$

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum (y_{mod} - y_{obs})$$

Na Figura VI.2.1-2, são mostrados os resultados medidos e modelados referentes aos dados acumulados do mês de janeiro de 2016 na frequência de 63 Hz e na faixa de profundidade de 0 a 100 m para os dados medidos e de 50 m para os dados modelados. Na Figura VI.2.1-3, os dados reais são apresentados para cada evento junto com os dados modelados obtidos para as mesmas posições dos dados reais. Os dados medidos apresentaram valores de SPL médio de 91,18 +/- 5,34 dB re 1  $\mu$ Pa, enquanto que o SPL médio dos dados modelados foi de 90,74 +/- 4,63 dB re 1  $\mu$ Pa. O RMSE foi de 4,42 dB e o BIAS de -0,44 dB.

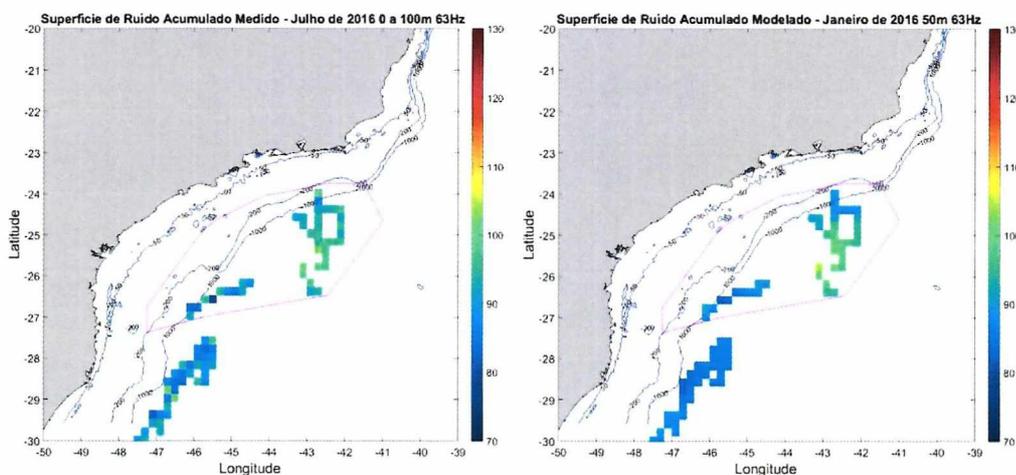


Figura VI.2.1-2: Mapa do SPL (dB re 1  $\mu$ Pa) referente ao mês de janeiro de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 0 a 100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 50 m (direita).



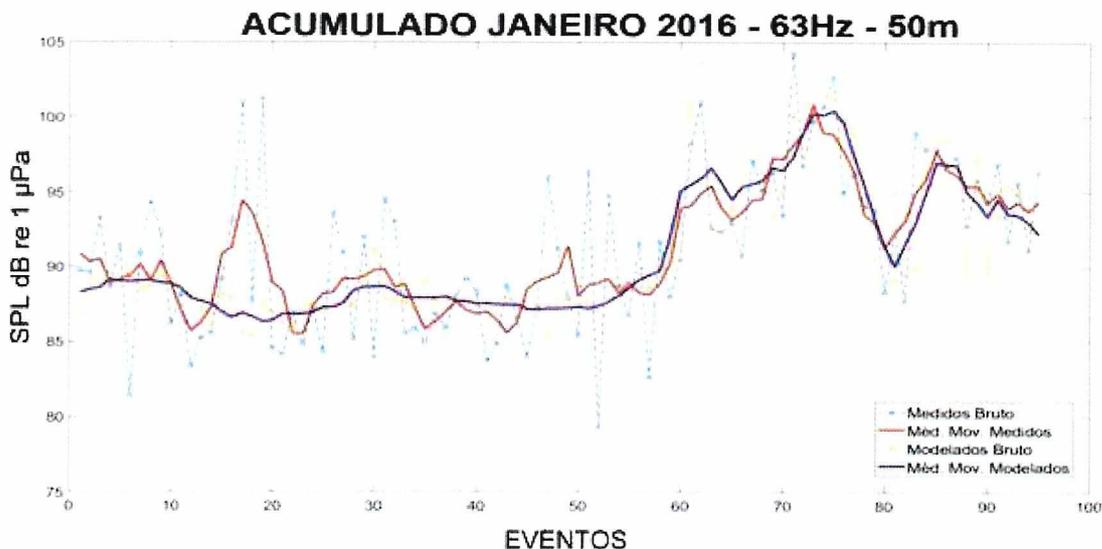


Figura VI.2.1-3: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do mês de janeiro de 2016 na frequência de 63 Hz a 50 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados, respectivamente.

Na Figura VI.2.1-4, são mostrados os resultados medidos e modelados referentes aos dados acumulados do mês de julho de 2016 na frequência de 63 Hz e na faixa de profundidade de 0 a 100 m para os dados medidos e de 50 m para os dados modelados.

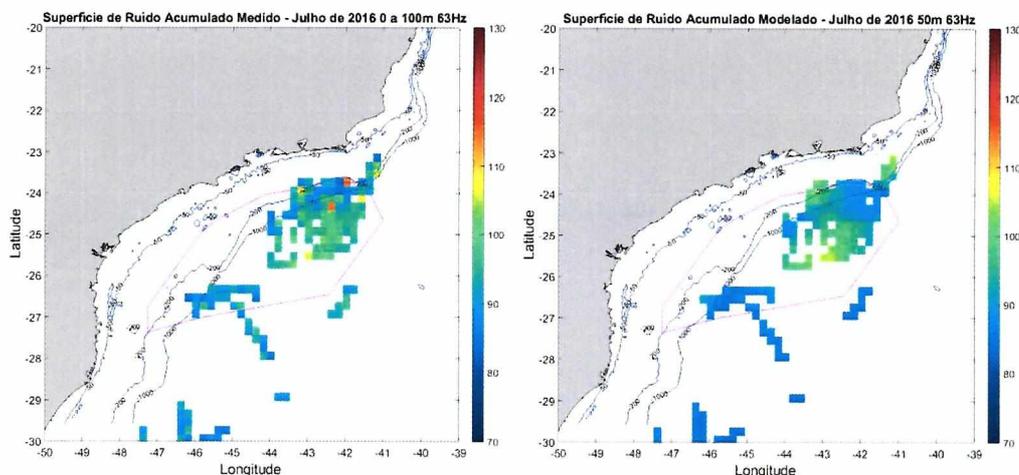


Figura VI.2.1-4: Mapa do SPL (dB re 1 µPa) referente ao mês de julho de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 0 a 100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 50 m (direita).

Na Figura VI.2.1-5, os dados reais são apresentados para cada evento junto com os dados modelados obtidos para as mesmas posições dos dados reais. Os dados medidos apresentaram valores de SPL médio de 93,36 +/- 6,39 dB re 1  $\mu$ Pa e os dados modelados 93,16 +/- 4,28 dB re 1  $\mu$ Pa. O RMSE foi de 5,07 dB e o BIAS de -0,19 dB.

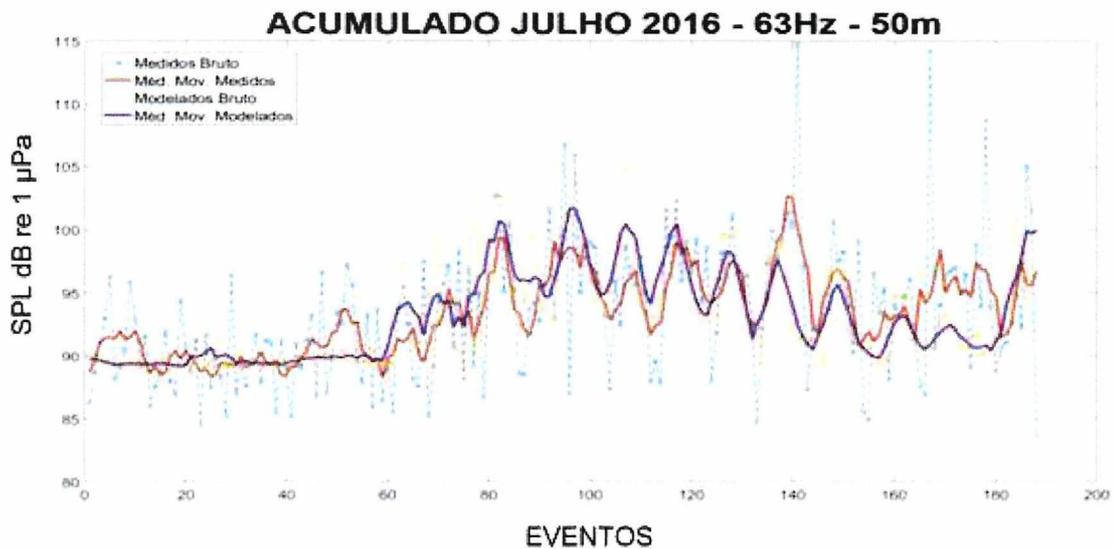


Figura VI.2.1-5: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do mês de julho de 2016 na frequência de 63 Hz na profundidade de 50 m. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados, respectivamente.

Na Figura VI.2.1-6, são mostrados os resultados medidos e modelados referentes aos dados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz e na faixa de profundidade de 0 a 100 m para os dados medidos e de 50 m para os dados modelados. Na Figura VI.2.1-7, os dados reais são apresentados para cada evento junto com os dados modelados obtidos para as mesmas posições dos dados reais. Os dados medidos apresentaram valores de SPL médio de 93,82 +/- 4,12 dB re 1  $\mu$ Pa e os dados modelados 93,00 +/- 3,09 dB re 1  $\mu$ Pa. O RMSE foi de 4,88 dB e o BIAS de -0,82 dB.

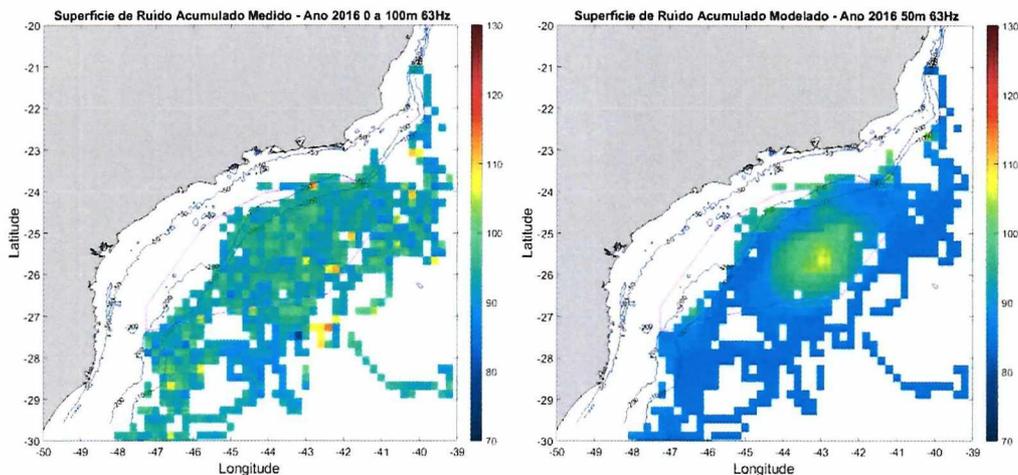


Figura VI.2.1-6: Mapa do SPL (dB re 1  $\mu$ Pa) referente ao ano de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 0 a 100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 50 m (direita).

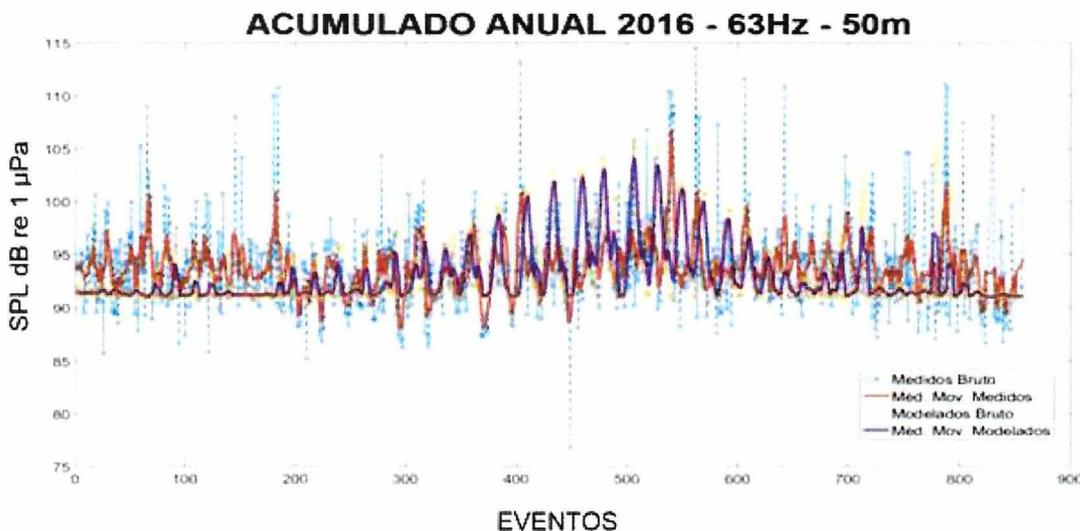


Figura VI.2.1-7: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz, a 50 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados, respectivamente.

Na Figura VI.2.1-8, são mostrados os resultados medidos e modelados referentes aos dados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz e na faixa de profundidade de 150 a 300 m para os dados medidos e de 200 m para os dados modelados. Na Figura VI.2.1-9, os dados reais são apresentados para cada

evento junto com os dados modelados obtidos para as mesmas posições dos dados reais. Os dados medidos apresentaram valores de SPL médio de 93,49 +/- 3,25 dB re 1  $\mu$ Pa e os dados modelados 92,57 +/- 2,75 dB re 1  $\mu$ Pa. O RMSE foi de 4,25 dB e o BIAS de -0,91 dB.

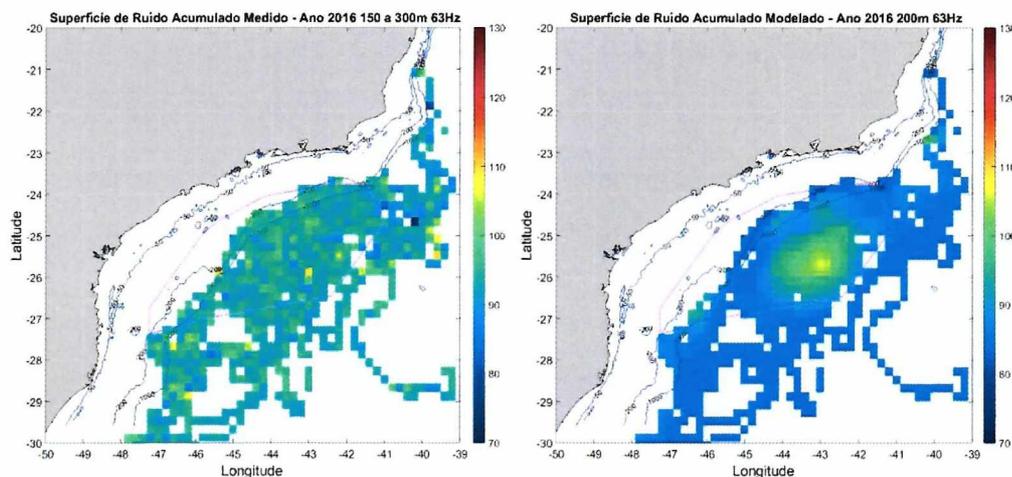


Figura VI.2.1-8: Mapa do SPL (dB re 1  $\mu$ Pa) referente ao ano de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 150 a 300 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 200 m (direita).

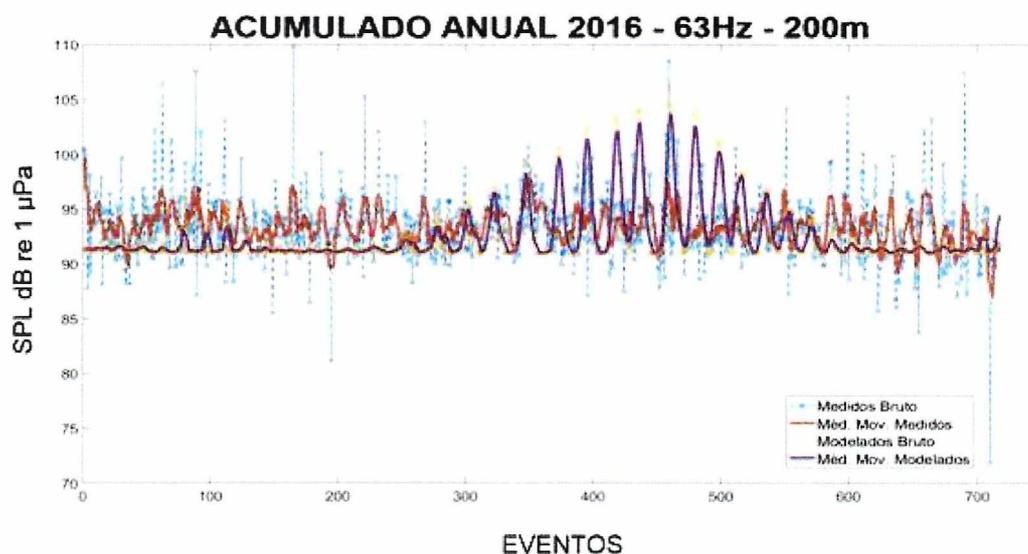


Figura VI.2.1-9: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz a 200 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados.



Na Figura VI.2.1-10, são mostrados os resultados medidos e modelados referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz e na faixa de profundidade de 900 a 1.100 m para os dados medidos e de 1.000 m para os dados modelados. Na Figura VI.2.1-11, os dados reais são apresentados para cada evento junto com os dados modelados obtidos para as mesmas posições dos dados reais. Os dados medidos apresentaram valores de SPL médio de 93,89 +/- 4,30 dB re 1  $\mu$ Pa e os dados modelados 91,94 +/- 1,92 dB re 1  $\mu$ Pa. O RMSE foi de 5,01 dB e o BIAS de -1,94 dB.

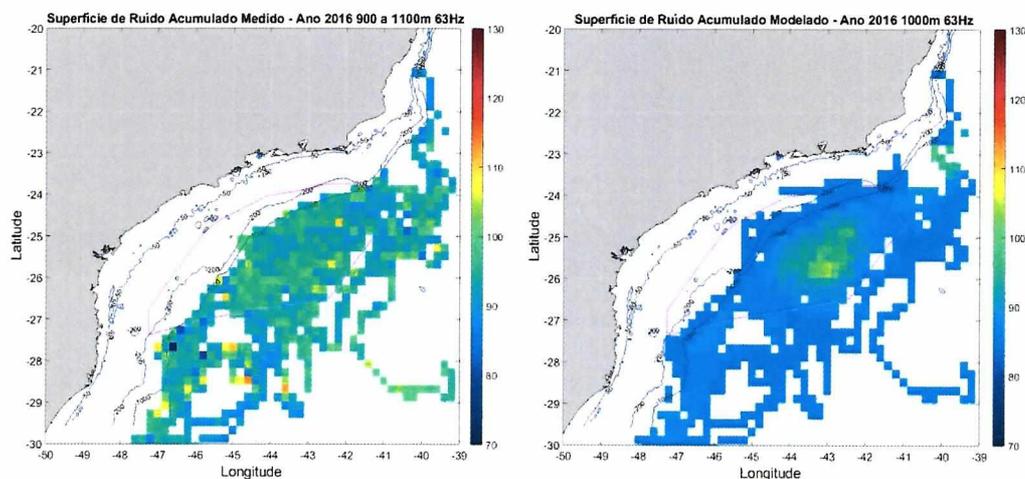


Figura VI.2.1-10: Mapa do SPL (dB re 1  $\mu$ Pa) referente ao ano de 2016, na frequência de 63 Hz apresentando os dados medidos na faixa de profundidade de 900 a 1.100 m (esquerda) e os dados modelados calculados na profundidade de 1.000 m (direita).

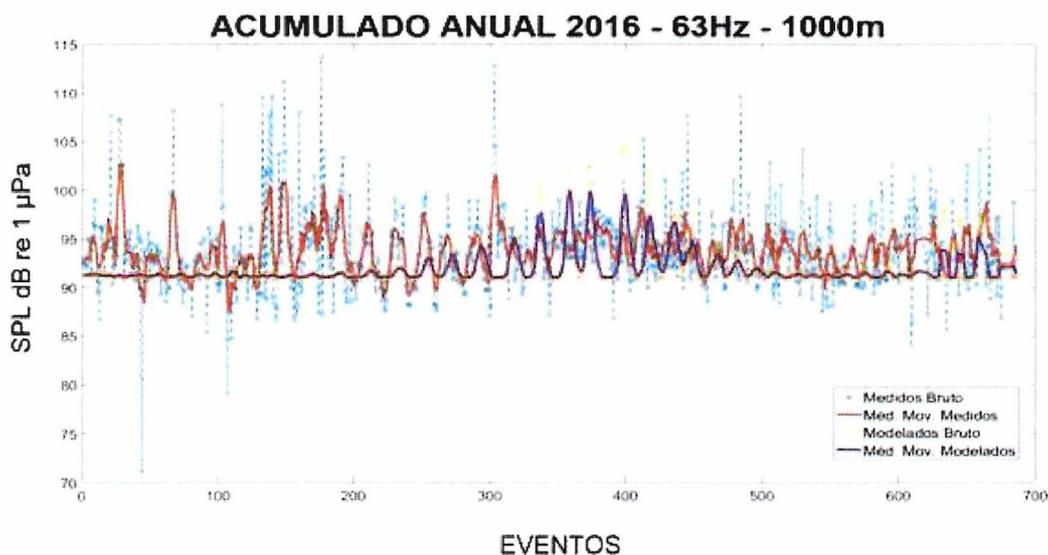


Figura VI.2.1-11: Resultados medidos (tracejado azul) e modelados (tracejado amarelo) referentes aos dados acumulados do ano de 2016 na frequência de 63 Hz a 1.000 m de profundidade. As linhas laranja e roxa correspondem às médias móveis dos dados reais e modelados.

De um modo geral, pode-se observar nas comparações que os resultados modelados apresentam boas aproximações, na média, com os dados medidos, o que pode ser observado pelos baixos valores do BIAS. Nos testes realizados, o modelo subestima os dados reais, sendo observado um BIAS negativo em todos eles. Os valores de RMSE podem ser explicados pela grande variabilidade dos dados reais quando comparado com os dados modelados, mas mesmo assim seus valores não chegam a mais de 5 dB.

Estas comparações auxiliam na calibração e verificação do modelo e foram feitas, até o momento, apenas na frequência de 63 Hz, devendo ser estendidas oportunamente para a frequência de 125 Hz. Deve-se lembrar, também, que os valores dos níveis das fontes dos navios usados no modelo foram buscados na literatura e devem ser validados a partir dos dados de ruído irradiado obtido nos observatórios submarinos instalados em regiões costeiras.



## VI.2.2 INDICADORES ESTATÍSTICOS

O indicador média é um indicador importante em estatística, mas é relativamente sensível a variações pontuais ou picos nos níveis devido à natureza estocástica destes. Como tal, a média deverá ser complementada com indicadores estatísticos que forneçam informações sobre os níveis excedidos.

O indicador Nível Excedido em Proporção do Tempo dá indicação da porção de tempo durante a qual um nível foi superado, podendo mesmo ser interpretado como percentagem do tempo que o nível de ruído excedeu a um valor determinado em dB. Este indicador é obtido através dos níveis obtidos para cada ponto do mapa de ruído ao longo de toda a série temporal, dos quais se extrai os percentis correspondentes às percentagens que se pretende usar como indicador. Por exemplo, o percentil 5 (P05) da série temporal vai dar indicação do nível sonoro superado durante 95% do tempo para obter uma ideia do limiar inferior. Da mesma forma, o nível superado durante 5% do tempo corresponde ao percentil 95 (P95) e dará uma ideia do limiar superior do nível sonoro num determinado ponto.

As Figuras VI.2.2-1 a VI.2.2-3 mostram os mapas da superfície de ruído preditos em termos de percentis: P05 (esquerda); P50 (centro); P95 (direita) para as profundidades de 50 m (Figura VI.2.2-1), 200 m (Figura VI.2.2-2) e 1.000 m (Figura VI.2.2-3), no mês de janeiro de 2016, na frequência de 63 Hz.

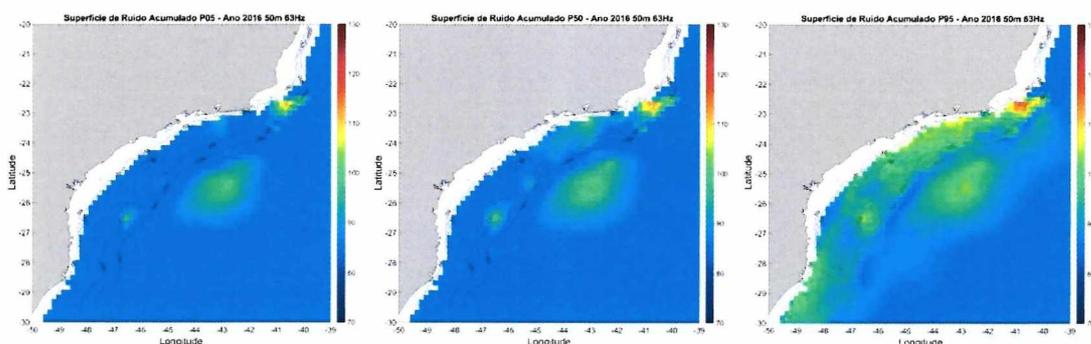


Figura VI.2.2-1: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1  $\mu$ Pa] a 50 m de profundidade para a frequência de 63Hz para o mês de janeiro de 2016, predito em termos dos níveis excedidos em proporção do tempo: P05 - 95% do tempo (esquerda); P50 - 50% do tempo (centro); P95 - 5% do tempo (direita).



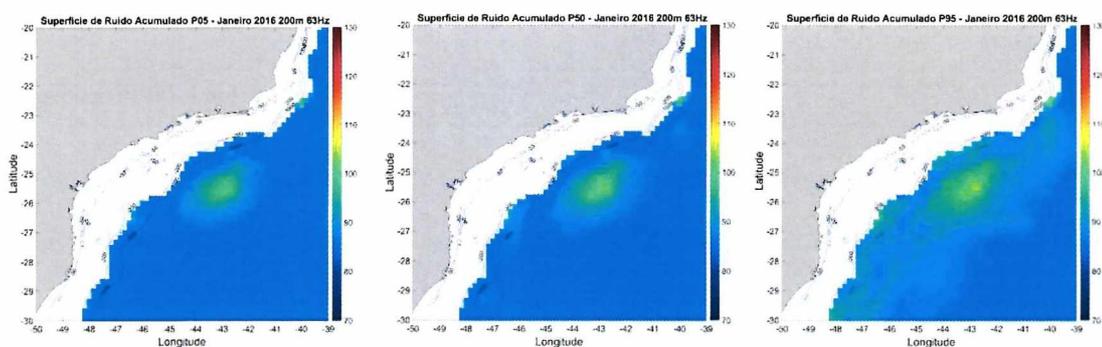


Figura VI.2.2-2: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1  $\mu$ Pa] a 200 m de profundidade para a frequência de 63Hz, para o mês de janeiro de 2016, predito em termos dos níveis excedidos em proporção do tempo: P05 - 95% do tempo (esquerda); P50 - 50% do tempo (centro); P95 - 5% do tempo (direita).

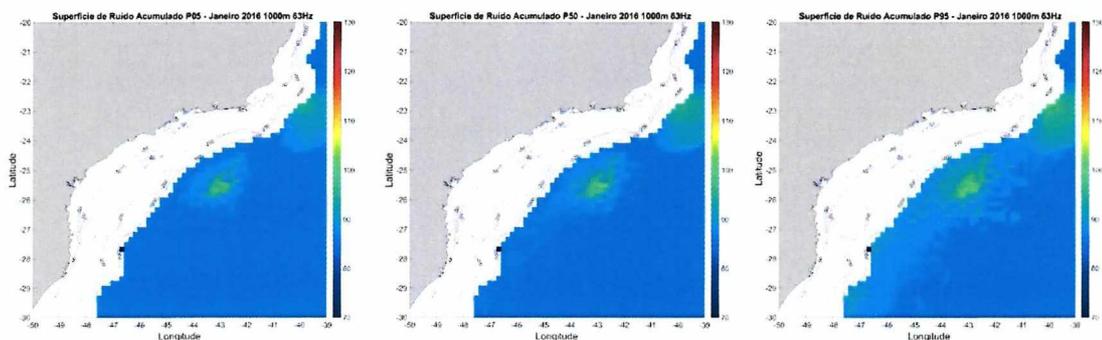


Figura VI.2.2-3: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1  $\mu$ Pa] a 1.000 m de profundidade para a frequência de 63Hz, para o mês de janeiro de 2016, predito em termos dos níveis excedidos em proporção do tempo: P05 - 95% do tempo (esquerda); P50 - 50% do tempo (centro); P95 - 5% do tempo (direita).

As Figuras VI.2.2-4 a VI.2.2-6 mostram os mapas da média do ruído para diferentes estações do ano de 2016, para a frequência de 63 Hz, nas profundidades de 50 m (Figura VI.2.2-4), 200 m (Figura VI.2.2-5) e 1.000 m (Figura VI.2.2-6).



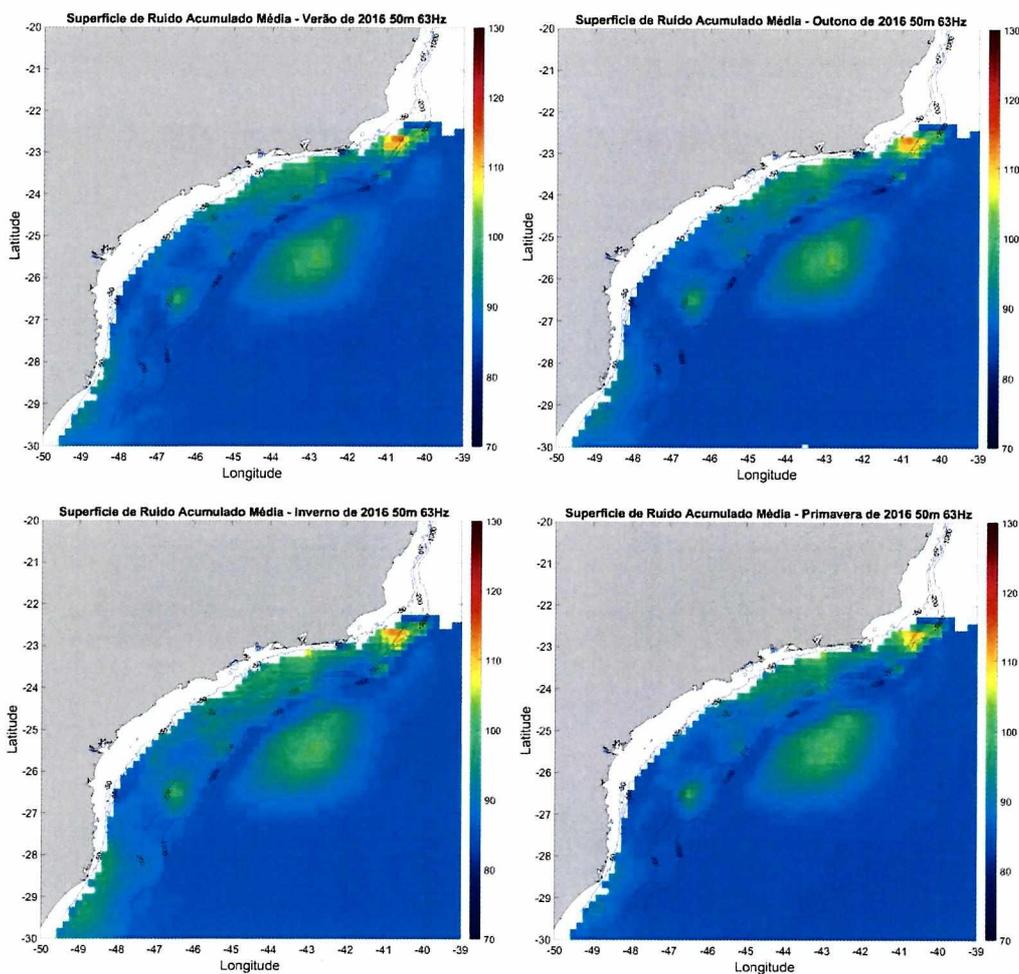


Figura VI.2.2-4: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1  $\mu$ Pa] na profundidade de 50 m para a freqüência de 63 Hz para as estações do ano de 2016 - verão, outono, inverno e primavera predito em termos da média.

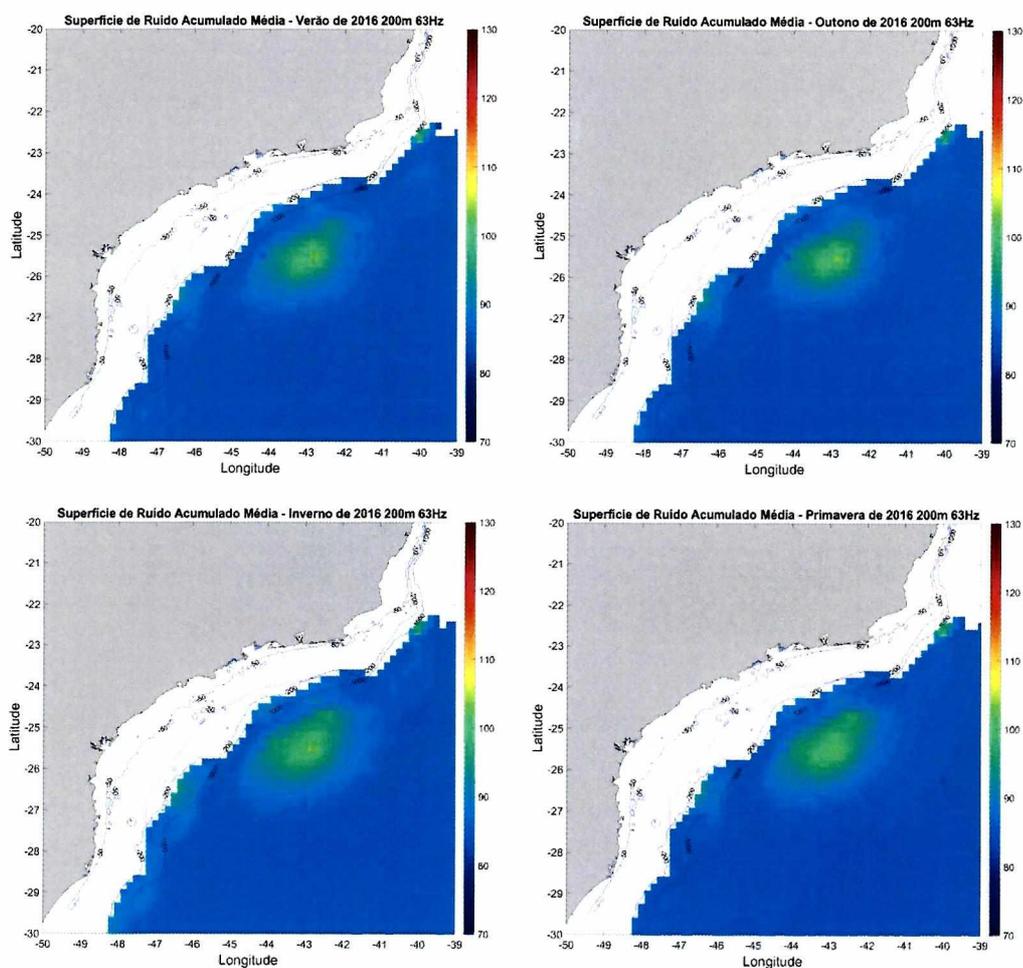


Figura VI.2.2-5: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1  $\mu$ Pa] a profundidade de 200 m para a frequência de 63 Hz predito para as estações do ano de 2016 - verão, outono, inverno e primavera predito em termos da média.



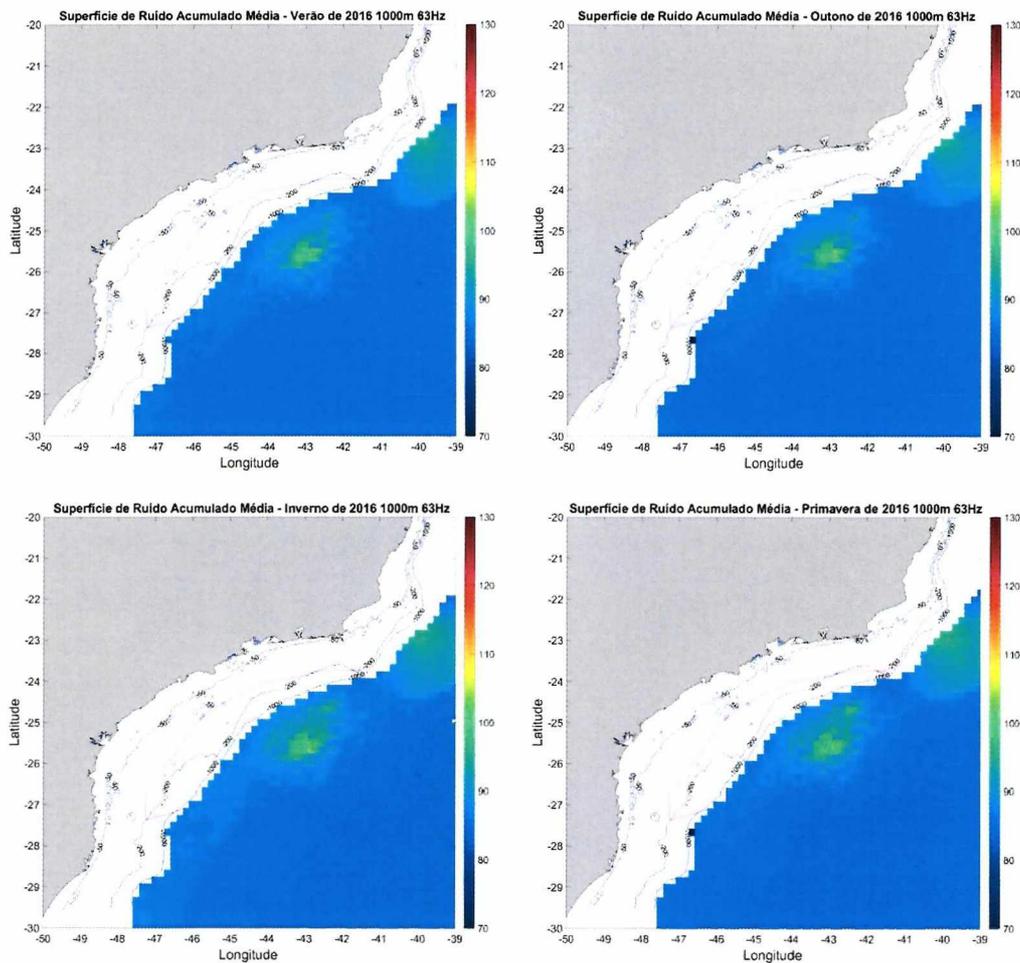


Figura VI.2.2-6: Mapa da superfície de ruído SPL [dB re 1  $\mu$ Pa] a profundidade de 1.000 m para a frequência de 63 Hz para as estações do ano de 2016 - verão, outono, inverno e primavera predito em termos da média.

A excedência de nível pode ser apresentada de forma mais detalhada para posições discretas. Este indicador pode ser dado na forma de funções de distribuição cumulativa, onde o SPL é apresentado em relação à percentagem do tempo.

A Figura VI.2.2-7 mostra curvas da proporção do tempo para a qual um dado nível é superado para cinco posições, alinhadas horizontalmente ao longo da latitude 24°00.00S, 25°00.00S, e 26°00.00S ou alinhadas verticalmente ao longo da longitude 44°00.00W e 43°00.00W. O gráfico superior esquerdo indica a posição de cada curva no plano longitude/latitude. Cada gráfico contém três curvas com suas cores correspondendo às suas posições geográficas no mapa. A

curva vermelha no gráfico superior direito é repetida no gráfico inferior direito, e as curvas azul e cinza do gráfico inferior esquerdo são repetidas no gráfico inferior direito.

Este conjunto de gráficos serve para uma avaliação comparativa nos níveis de ruído excedidos ao longo da área em questão. As duas posições mais a norte são as de menor excedência de nível e ao mesmo tempo são as posições onde são atingidos os maiores níveis sonoros. Comparativamente, as posições com cor cinza e azul são as que apresentam menor variabilidade ao longo do tempo, o que pode resultar de uma maior estacionaridade de fontes sonora na vizinhança destas posições. A posição preta imediatamente a oeste da posição azul tem uma tendência idêntica, embora cerca de 4 dB abaixo.

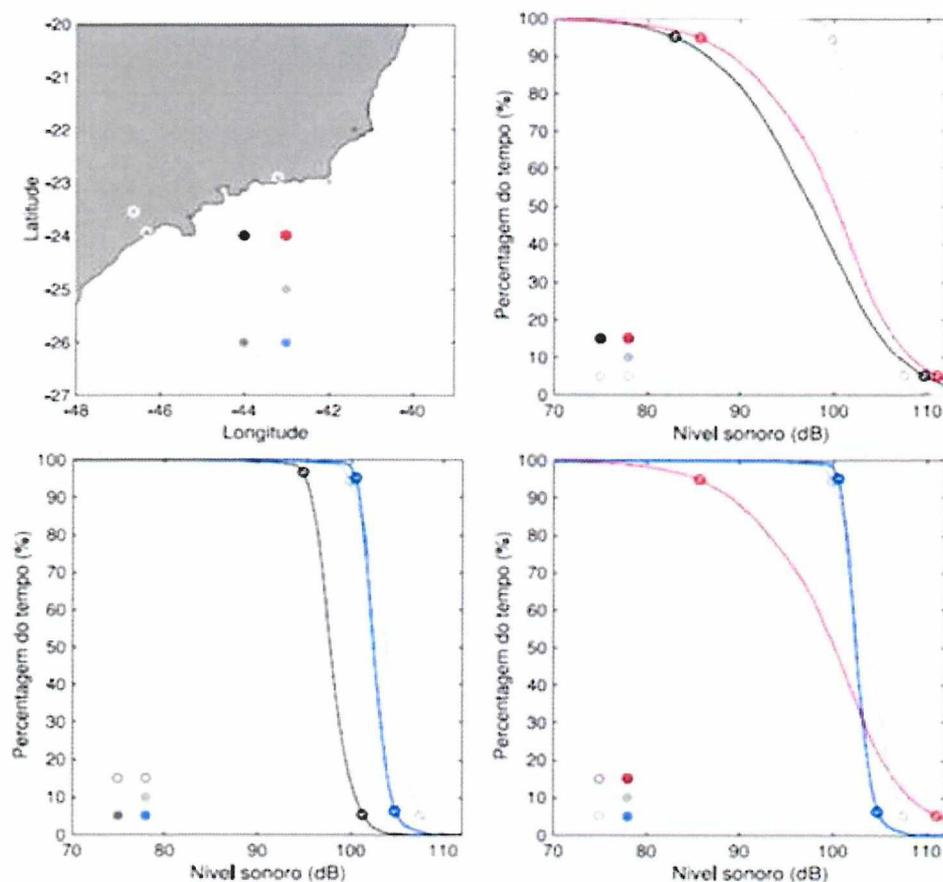


Figura VI.2.2-7: SPL em dB re 1  $\mu$ Pa predito em termos de excedência de nível em proporção do tempo para cinco posições selecionadas ao longo da área de estudo: indicação das posições selecionadas codificadas com cores (superior esquerdo); proporção do tempo para o qual um determinado nível é superado.



## VII CONSIDERAÇÕES FINAIS

### VII.1 PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DO PERÍODO

No período de 13 de novembro de 2015 a 31 de dezembro de 2018, foram recebidos, processados e armazenados 1.160.555 arquivos de dados acústicos, correspondendo a 51.139,8 horas de gravação para os *gliders*, OSs e LFI. Neste mesmo período, foram recebidos dados de 119 perfiladores, consistindo em 23.903 mergulhos com um total de 110.090 janelas gravadas.

Foram realizadas análises para a identificação de eventos importantes como flutuações com periodicidade diária e a identificação da contaminação de porção significativa dos dados observados pelas linhas de fundeio, por ruído próprio, por efeito de correntes.

Foi qualificada e colocada em operação a metodologia para a detecção de passagem de embarcações, resultando na detecção de 32.720 passagens em 27.424,8 horas de gravação. A maior parte das detecções ocorreu no OS da Baía de Guanabara, respondendo por cerca de 63% das detecções efetuadas, 91% das detecções que puderam ser correlacionadas com o AIS e 96% das detecções de navios a serviço da Petrobras.

Está sendo qualificada e colocada em operação a metodologia para a detecção de vocalizações de animais marinhos, com ênfase nos dados obtidos pelos *gliders*, que têm se mostrado mais adequados, até o momento, para este fim.

Foi implantado o Sistema de Informação, que permite o acesso público aos dados processados e qualificados obtidos no PMPAS-BS.

Já está em operação o Sistema de Modelagem Acústica Submarina – SIMAS - que permite a criação de mapas do ruído ambiente na região da Bacia de Santos, a partir de informações batimétricas, oceanográficas e da presença de navios na região.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## VII.2 MONITORAMENTO MÓVEL

As medições do monitoramento acústico baseadas em plataformas móveis (*gliders* e perfiladores) estão detalhadas nas Seções V.3.1 e V.3.2. Os resultados das análises espaciais estão apresentados na Seção V.4.2, onde ficou evidente a boa cobertura obtida pelas trajetórias dos perfiladores e *gliders*, possibilitando mapas dos níveis de pressão sonora (SPLs) em toda Área Geográfica da Baía de Santos.

A Seção V.4.3 apresenta análises estatísticas com os dados acústicos medidos, permitindo inferir um acréscimo de ruído nas regiões próximas dos sistemas de produção e rotas preferenciais de navegação. Este acréscimo é mais evidente nas frequências mais baixas (bandas de 63 Hz e 125 Hz do espectro de 1/3 de oitava), onde o ruído de fontes antrópicas é dominante (antropofonia da Figura I.2-1). As frequências de 500 Hz e 1.000 Hz apresentam uma distribuição mais uniforme de paisagem acústica por também estarem influenciadas por fontes ambientais de ruído, tais como efeito de ventos e ondas (geofonia da Figura I.2-1). Em realidade, a análise de variância (ANOVA) indicou que as Regiões 2 (de tráfego marítimo) e 3 (com pouca atividade) se mostraram praticamente homogêneas para estas frequências de 500 Hz e 1.000 Hz. Isto torna evidente que a análise da influência antrópica deve ser concentrada nas bandas de 63 Hz e 125 Hz, conforme preconizado no documento europeu Dekeling *et al.* (2014).

## VII.3 OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS

As medições do monitoramento acústico baseadas em observatórios submarinos rasos (OSs) estão detalhadas na Seção 0. Os resultados das análises temporais dos sinais gravados estão apresentados nas Seções V.4.1.1 e V.4.1.2, assim como a detecção de navios na Seção V.4.1.3. A Baía de Guanabara apresentou um número mais elevado de navios em relação à Baía de Ilha Grande e ao Canal do Porto de São Sebastião. Foram detectados ruídos de navios a serviço da PETROBRAS e de outras empresas, incluindo tráfego marítimo de lazer e turismo. Esta é uma questão em aberto, a ser avaliada em



futuros relatórios, que permitam classificar qual a efetiva contribuição da PETROBRAS na entrada de baías e portos com intenso trânsito de navios mercantes e de outras finalidades e que não estejam ao seu serviço.

Uma contribuição dos sinais gravados nos OSs é a identificação do nível de ruído na fonte (**SL** = *Source Level*) de navios que serão modelados quando estiverem em trânsito na Bacia de Santos, conforme Capítulo VI do presente relatório.

#### **VII.4 LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS**

As medições do monitoramento acústico baseadas em linhas de fundeio instrumentadas profundas (LFIs) estão detalhadas na Seção 0. Os resultados da evolução temporal dos sinais gravados para cinco linhas (FA-01 a FA-05) em dois ciclos de lançamento e recolhimento estão apresentados na Seção V.4.1.5. Nestes ciclos, não foi possível obter dados para a linha FA-06, uma vez que ela foi perdida no primeiro ciclo e não foi lançada no segundo.

Os resultados dos níveis de pressão sonora (SPL) obtidos pelo processamento dos dados acústicos mostraram uma forte sensibilidade ao fluxo de correntes marinhas, conforme avaliado na Seção V.4.4.2. Ficou também evidente que existem problemas de vibração na linha de fundeio, investigados na Seção V.4.4.3, que podem estar sendo causados pelo efeito do perfil de correntes marinhas sobre toda a extensão da linha, causando vibração localizada de seus componentes (conexões, etc.) que geram ruídos captados pelos hidrofones. Na investigação do forte aumento do SPL observado nas medições das linhas de fundeio em períodos de dias, foi constatada a alta correlação com o aumento da velocidade da corrente no local. A inspeção detalhada, inclusive de áudio, comprovou que o aumento é originado do ruído próprio da linha de fundeio sendo devido, provavelmente, aos métodos de fixação e conexão dos cabos e equipamentos.

Mesmo estando em uma região com menor nível de ruído antrópico, por estar fora das rotas preferenciais de navegação de serviço e de atividades de E&P, o fundeio FA04 apresentou valores de SPL mais elevados em todas as profundidades de medição, quando comparados com o fundeio FA02, que está



localizado em uma região de desenvolvimento da produção com intensa rota de navegação. Este comportamento denota de forma objetiva o efeito das correntes marinhas mais elevadas na região do fundeio FA04.

Este problema do ruído acústico gerado por escoamento hidrodinâmico passando em torno de um hidrofone já vem sendo estudado por especialistas de acústica submarina, como os artigos pioneiros de Strasberg (1979, 1985). O ruído hidrodinâmico afeta principalmente as baixas frequências, mas pode contaminar frequências mais elevadas devido às vibrações de componentes da linha. No caso específico do equipamento acústico utilizado nas LFI, foi utilizado um tecido sintético em volta da armação de aço inox onde o hidrofone estava fixado para evitar o fluxo direto das correntes em volta do sensor, mas o nível de ruído gerado pelas correntes marinhas ainda foi claramente percebido pelo hidrofone.

A contaminação do ruído ambiente pelos ruídos da própria linha induzidos pelas correntes oceânicas só foi constatada após o recolhimento das linhas do primeiro ciclo de lançamento, quando, então, já tinham sido lançadas as linhas para o segundo ciclo. Para o terceiro ciclo de lançamento, a empresa responsável pelas LFI testou novas estratégias para reduzir o ruído próprio, incluindo a troca de trechos de corrente da linha por outros materiais. Embora os dados deste terceiro ciclo não façam parte do presente relatório, uma verificação preliminar dos seus dados mostrou que não houve melhora significativa em relação ao ruído provocado pela corrente nas linhas de fundeio.

Este ruído hidrodinâmico gerado pelas correntes marinhas da Bacia de Santos, assim como as vibrações induzidas nas linhas de fundeio profundas, são fatores que poderão tornar praticamente inviável a utilização de suas medições acústicas para as finalidades do PMPAS-BS, por estarem afetando diversas bandas de frequências do espectro sonoro, incluindo as faixas associadas a fontes de ruído por navios e plataformas.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## VII.5 BIOFONIA

As medições realizadas com *gliders* como parte do monitoramento móvel demonstraram ser a metodologia mais adequada para detecção de ruídos de fontes biológicas (biofonia), conforme exemplos de registros acústicos apresentados na Seção V.4.1.4, onde foram claramente observados sinais de origem biológica.

O fato de o *glider* estar derivando com as correntes marinhas à medida que realiza seu mergulho atenua o efeito do ruído hidrodinâmico sobre o hidrofone, pois a velocidade relativa entre o fluido e o equipamento torna-se menor. A adoção de velocidades de descida da ordem de 10 cm/s ou menores foi feita exatamente para atenuar ao máximo este ruído hidrodinâmico. Desta forma, torna-se mais fácil gravar e detectar ruídos de fontes biológicas, pois o sinal acústico de fundo não está contaminado pelo forte ruído de origem hidrodinâmica como ocorreu nas linhas de fundeio instrumentadas (LFIs).

Artigos da literatura especializada em bioacústica, como Klinck *et al.* (2012), apresentam experimentos bem-sucedidos de medições de ruídos de origem biológica utilizando *gliders*. A versatilidade de o equipamento estar se deslocando em mergulhos ao longo da coluna de água até 1.000 metros, assim como estar utilizando uma extensa banda de frequência de amostragem, permite uma maior probabilidade de detecção de sinais da biota presente na região oceânica.

## VII.6 MODELAGEM DA PROPAGAÇÃO ACÚSTICA

Os resultados iniciais do desenvolvimento das ferramentas computacionais para modelagem da propagação acústica na região da Bacia de Santos e adjacências foram apresentados no Capítulo VI e são muito promissores. Estes modelos permitem a avaliação espacial e temporal do ruído ocasionado por diversas fontes antrópicas (navios a serviço de atividades de E&P, navios mercantes, plataformas, etc.) com uma extensa cobertura regional e já são utilizados em diversos outros programas internacionais de monitoramento da paisagem acústica, conforme Dekeling *et al.* (2014).



A validação dos resultados da modelagem acústica utilizando os dados acústicos medidos, particularmente da componente móvel (perfiladores e *gliders*), já está em andamento e irá permitir uma avaliação da distribuição de ruído na Bacia de Santos, permitindo o uso integrado de modelagem e medições para otimização futura do projeto PMPAS-BS. As primeiras comparações dos dados modelados com aqueles medidos por *gliders* e perfiladores, foi mostrado na Seção VI.2 para a frequência de 63 Hz, com bons resultados.

## VII.7 DESEMPENHO DOS EQUIPAMENTOS EM RELAÇÃO AOS RESULTADOS OBTIDOS

O PMPAS-BS foi planejado para atender uma condicionante de licença solicitada pelo Parecer Técnico nº 0122/2014 CGPEG/IBAMA, onde foi pedido um projeto de medições para identificação dos níveis de ruído acústico de base na Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS) onde estariam localizados os sistemas de produção da Etapa 2 do Pólo Pré-Sal, e avaliação dos incrementos dos níveis de ruído acústico decorrentes da operação e expansão das atividades de E&P da Petrobras na região, gerando também informações que pudessem colaborar com o Projeto de Monitoramento de Cetáceos (PMC). Desta forma, foi planejado um primeiro ciclo de medições com diversos componentes (*gliders*, perfiladores, LFIs, OSs) que seriam avaliados com base nos seus resultados.

Neste meio termo, a literatura especializada, particularmente em Dekeling et.al. (2014) no documento “Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas”, tem evidenciado que a melhor estratégia para avaliação regional do ruído acústico é conduzir um esforço de modelagem da propagação acústica por modelos especializados, que possa ser validado por medições complementares. Este esforço foi incluído no PMPAS-BS através do projeto de modelagem acústica implementado por especialistas do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), usando sistema desenvolvido inicialmente na Universidade de Algarves (Portugal).

O estágio atual dos esforços de monitoramento do PMPAS-BS, como demonstra o vasto conjunto de resultados apresentados neste relatório, é suficiente para expor diferenças nos desempenhos e resultados obtidos nos



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

distintos métodos de coleta utilizados, dentre os quais se incluem os perfiladores, *gliders* e linhas de fundeio instrumentadas (LFI) na cobertura da região profunda, e os observatórios submarinos (OS) na região costeira.

Na avaliação do desempenho das Linhas de Fundeio Acústicas, os resultados dos parâmetros acústicos das LFIs apresentados no item V.4.1.5 e análises realizadas no item V.4.4.2 mostram que a ocorrência de ruído produzido pelo próprio sistema de medição induzido pelo fluxo de correntes oceânicas na interface dos hidrofones com a água e a vibração hidrodinâmica das linhas de fundeio afeta negativamente a maior parcela dos dados acústicos medidos. O percentual de medições onde ocorreram baixas velocidades de correntes marinhas para as profundidades de 50 e 200 m é muito pequeno, de forma que boa parte das medições não apresenta a qualidade necessária para o PMPAS-BS.

No intuito de atenuar a geração da interferência hidrodinâmica nas LFIs foram feitas algumas intervenções nas linhas, conforme detalhado nos itens V.4.4.2 e VII.4, porém, resultados preliminares do processamento de parte destes dados mostram que o problema persiste. De fato, trabalhos anteriores como Strasberg (1985) já abordavam as dificuldades relacionadas à medição do ruído ambiente em pontos fixos na coluna d'água e apontavam equipamentos de deriva como menos influenciados pelos efeitos do ruído de fluxo e, portanto, mais adequados para uso em regiões sujeitas a correntes intensas e constantes, como em toda a Bacia de Santos.

A título de comparação das diversas estratégias de medição adotadas no PMPAS-BS (perfiladores, *gliders*, LFIs e OSs), a Tabela VII.7-1 ilustra o percentual de dados qualificados em relação ao total de dados coletados por diferentes estratégias de amostragem utilizadas no PMPAS.

Tabela VII.7-1: Percentual de gravações acústicas qualificadas realizadas dentro da AGBS por diferentes equipamentos de coleta.

Gravações	LFIs	Perfiladores	Gliders	OSs
Número de Equipamentos na Água	18	Variável*	1	3
Total de horas gravadas	18.189,8	1.834,8	4.888,3	28.061,7
Percentual Qualificado Gravação (dentro e fora AGBS)	29,1%	77,2%	43,6%	79,6%
Percentual Qualificado (dentro da AGBS)	14,1%	30,0%	42,9%	-



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

\* São lançados dez perfiladores a cada três meses e seus dados cessam apenas quando acaba sua bateria. Foram lançados 120 perfiladores nas 12 campanhas analisadas neste relatório.

Apesar de possuírem o maior volume de dados coletados, é possível observar que as LFI's possuem o menor percentual de gravações acústicas qualificadas, principalmente pelo problema associado ao ruído hidrodinâmico introduzido pelo *flow noise* e vibrações induzidas pelas oscilações da linha de fundeio.

Na avaliação de desempenho dos perfiladores acústicos PABLO, a evolução temporal da área de cobertura e dos campos de SPL medidos pelos perfiladores ao longo dos últimos 12 ciclos de lançamento revela que tanto a região amostrada quanto os valores medidos não tem sofrido alteração significativa.

As Figuras VII.7-1 a VII.7-3 ilustram este aspecto de convergência espacial das informações disponibilizadas pelos perfiladores. Nelas são apresentados os percentis 50% dos níveis de pressão sonora SPL ( $SPL_{50P}$ ) contemplando os resultados acumulados nos diferentes períodos de coleta: 2015 a 2016 (Figura VII.7-1); 2015 a 2017 (Figura VII.7-2) e 2015 e 2018 (Figura VII.7-3). Estas figuras foram reproduzidas do 1º e do 2º Relatório Técnico do PMPAS-BS, protocolados, respectivamente, em 2017 e 2018.

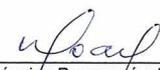
É possível constatar que entre o primeiro período de consolidação dos resultados (2015 a 2016) e o segundo (2015 a 2017) importantes lacunas de amostragem dentro do AGBS foram preenchidas. Os valores máximos de SPL também foram alterados, uma vez que as regiões de maior ruído próximas ao *cluster* do Pré-sal não haviam sido visitadas pelos perfiladores nas primeiras campanhas avaliadas.

Em contrapartida, entre a consolidação anterior (2015 a 2017) e a atual (2015 a 2018) houve poucas alterações no SPL dentro da AGBS. A distribuição e a magnitude dos valores observados, assim como a área coberta pelas medições, praticamente não se alteraram. De fato, há significativa semelhança entre a Figura VII.7-2 e a Figura VII.7-3.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

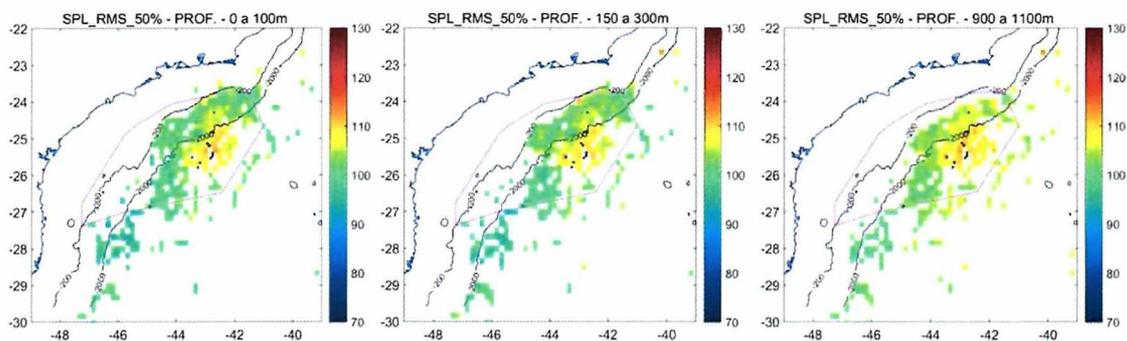


Figura VII.7-1: Níveis de Pressão Sonora  $SPL_{esp\_50p}$  nas 3 faixas de profundidade medidos pelos perfiladores PABLO no período 2015 a 2016 (reproduzido do 1º Relatório Técnico do PMPAS, 2017).

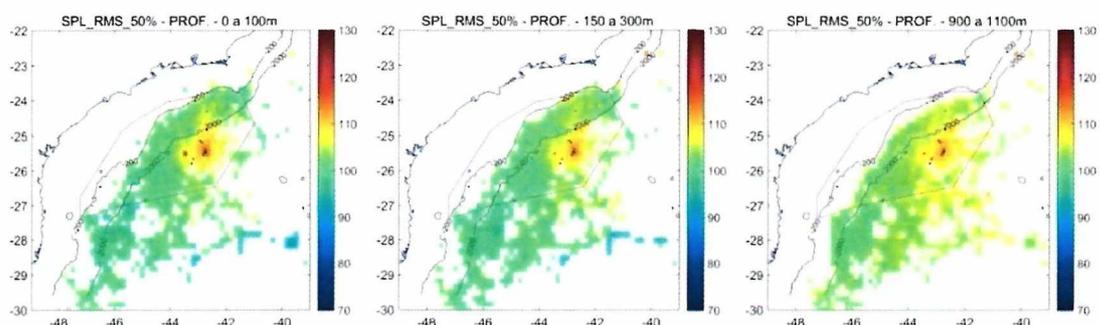


Figura VII.7-2: Níveis de Pressão Sonora  $SPL_{esp\_50p}$  nas 3 faixas de profundidade medidos pelos perfiladores PABLO no período 2015 a 2017 (reproduzido do 2º Relatório Técnico do PMPAS, 2018).

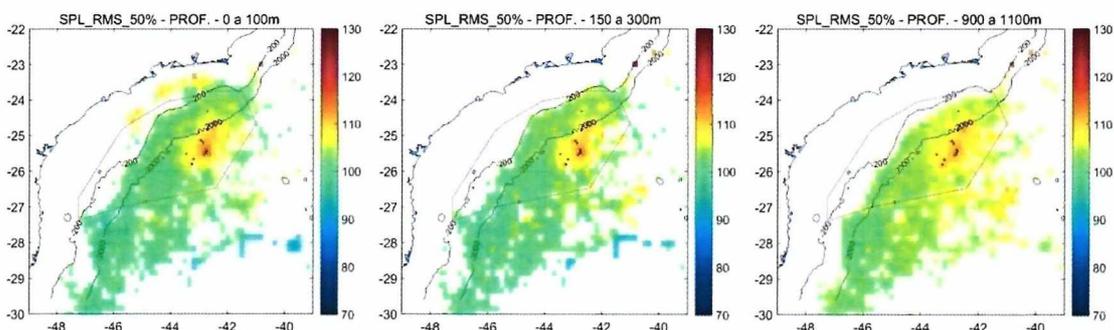


Figura VII.7-3: Níveis de Pressão Sonora  $SPL_{esp\_50p}$  nas 3 faixas de profundidade medidos pelos perfiladores PABLO no período de 2015 a 2018.

Tomando-se os parâmetros estatísticos do  $SPL_{50p}$ , média 103,7 dB e desvio padrão de 4,4 dB (conforme apresentado no item V.4.2.2), e sabendo que os valores de SPL observados se aproximam de uma distribuição normal (conforme demonstrado no item V.4.3.1), é possível estimar o número mínimo de amostras necessárias para caracterizar esta variável acústica, considerando

diferentes margens de erro e intervalos de confiança. A Tabela VII.7-2 apresenta estas estimativas.

*Tabela VII.7-2: Estimativa do número de medições acústicas de perfiladores necessárias para obtenção de parâmetros acústicos estatisticamente significativos com intervalo de confiança de 95% e diferentes níveis de confiança.*

Número de amostras necessárias	Desvio Padrão	Média Amostral	Intervalo de confiança	Margem de Erro	
2				5,0%	± 5,2 dB
3				4,0%	± 4,1 dB
5	4,4 dB	103,7 dB	95,0%	3,0%	± 3,1 dB
12				2,0%	± 2,1 dB
49				1,0%	± 1,0 dB

Considerando que as curvas de sensibilidade dos perfiladores PABLO possuem uma precisão de +/- 3,0 dB e que esta incerteza seja representativa da precisão do equipamento, conclui-se que com cinco amostras é possível representar o comportamento dos parâmetros estatísticos do SPL com uma margem de erro equivalente ou inferior ao proporcionado pela precisão do equipamento. Se for assumido que os valores de SPL possam variar sazonalmente, conclui-se que com 20 medições, cinco medições em cada célula de 1/6 de grau para cada uma das quatro estações do ano, seriam obtidas estimativas estatisticamente representativas do valor médio do SPL. Os mapas de densidade amostral dos perfiladores apresentados na Figura V.4.2.1-1 demonstram que este número foi atingido em praticamente toda AGBS, com exceção de poucos locais não afetados pela maior contribuição do ruído antrópico no centro da região.

Avaliando-se os *gliders*, esses se destacam com melhor desempenho quando comparados aos PABLOS e às LFI, pois apresentam o maior percentual de aproveitamento das gravações acústicas dentro da AGBS, além de possuírem a melhor relação entre as medições qualificadas na AGBS pelo número de equipamentos utilizados, configurando o sistema de medição mais eficiente. Os *gliders* também possibilitam controle da navegabilidade e permitem a recuperação do sinal gravado integral e o cálculo do SEL<sub>24H</sub>, o que não é possível com os perfiladores que disponibilizam apenas os espectros.



Adicionalmente, os *gliders* proporcionam uma amostragem espacial maior do que aquela obtida pelas LFI, sendo mais efetivos para validação dos resultados dos modelos de propagação acústica.

Com relação à estratégia de medição nos Observatórios Submarinos, cabe ressaltar que a maior parte das embarcações foi detectada a partir dos dados gravados no OS1, na Baía de Guanabara, como pode ser observado na Tabela VII.7-3, que mostra o número de embarcações detectadas durante o período de gravação considerado neste relatório. Considerando ainda a necessidade dos dados do AIS para correlacionar as informações acústicas com o tipo de embarcação, e desta forma poder utilizar os dados para o aprimoramento do modelo de propagação acústica, o OS1 também é o que apresentou os melhores resultados.

*Tabela VII.7-3: Embarcações detectadas nos Observatórios Submarinos.*

	OS1 (BG)	OS2 (IG)	OS3 (SB)	Total
Embarcações Detectadas	20.808	7.484	4.428	32.720
Com AIS	5.588	356	161	6.105
Com AIS, a serviço da Petrobras	2.273	2	92	2.367

Trazendo para o contexto a modelagem acústica regional do IPqM, os resultados preliminares da modelagem de propagação dos ruídos mostraram que o sistema de simulação numérica é capaz de reproduzir de forma adequada o comportamento dos parâmetros acústicos observados.

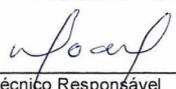
## **VII.8 PERSPECTIVAS FUTURAS**

Para o próximo período de atividades do PMPAS-BS, espera-se que entrem em fase de operação os sistemas desenvolvidos para o controle dos procedimentos de aquisição, recebimento, verificação, processamento e qualificação dos dados obtidos pelos diversos sistemas de aquisição empregados. Ao mesmo tempo, fica disponibilizado ao público o Sistema de Informações, denominado **Sistema de Modelagem e Medições Acústicas Oceânicas - SIMMAO** (apresentado nas Seções IV.2 e V.2.2), permitindo o acesso público aos dados processados e qualificados do projeto.



Em paralelo a isto, o Sistema de Modelagem Acústica Submarina – **SIMAS** (apresentado na Seção VI) já estará gerando mapas do ruído ambiente, permitindo, em um futuro próximo, uma redução no esforço de aquisição de dados no mar. Os mapas gerados serão disponibilizados no portal do Sistema de Informações **SIMMAO**.

Todos estes esforços e frentes de trabalho do Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina na Bacia de Santos (PMPAS-BS) representam um experimento único em abrangência internacional, pois desconhecemos outro experimento que tenha colocado operacional em tão curto período de tempo distintos sistemas de medição acústica, tais como perfiladores, *gliders*, linhas de fundeio instrumentadas e observatórios submarinos. Todos estes sistemas realizam medições de forma diferente, incluindo frequências e bandas de amostragem, tipos de hidrofones, periodicidade de aquisição, etc. Os procedimentos de qualificação e análise dos distintos sistemas medidos não são triviais, e estão sendo perseguidos por uma equipe de especialistas em Acústica Submarina do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), com o objetivo de disponibilizar o melhor conjunto de dados para avaliação da paisagem acústica regional.

  
Coordenador da Equipe  
Técnico Responsável3º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2019

## VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI, 2004. Specification for Octave-Band and Fractional Octave-Band Analog and Digital Filters, American National Standards and Information (ANSI), Standard, ANSI S1.11-2004.

Campbell, D.A., 2018, Estudo da paisagem acústica submarina na região do Arraial do Cabo, Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Programa associado de Biotecnologia Marinha, IEAPM/UFF.

CPRM, 2013, Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Texto, Mapas & SIG. Serviço Geológico do Brasil, CPRM, Brasília, 2003.

Croux, C. & Dehon, C., 2013. Robust Estimation of Location and Scale, in Encyclopedia of Environmetrics.

Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A, Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V., 2014, Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part I: Executive Summary, JRC Scientific and Policy Report.

Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A, Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V., 2014, Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications, JRC Scientific and Policy Report.

Delarue, J., J. MacDonnell, K. Kowarski, B. Martin, X. Mouy, and D. Hannay. 2015. Northeastern Chukchi Sea Joint Acoustic Monitoring Program 2013–2014. JASCO Document #01023. Technical report by JASCO Applied Sciences for Shell Exploration & Production Company and Conoco Phillips Company.



*CB*

Coordenador da Equipe



*ufbauf*

Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

Erbe, C., Verma, A., McCauley, R., Gavrilov, A., & Parnum, I., 2015. The marine soundscape of the Perth Canyon. *Progress in Oceanography*, 137, 38-51.

dos Santos, F. A, São Thiago, P. M., de Oliveira, A. L. S., Barmak, R., Lima, J. A. M., de Almeida, F. G. & Paula, T. P., 2016. A Análise do Ruído Interno e Hidrodinâmico (flow-noise) nos Registros Acústicos Coletados por Gliders Submarinos, XII ETAS, Rio de Janeiro – Brasil.

ISO 1996-1:2003(E), Acoustics – Description, Measurement, and Assessment of Environmental Noise – Part 1. Basic Quantities and Assessment Procedures, International Organization for Standardization, Geneva, 2003.

Klinck, K., D. K. Mellinger, K. Klinck, N. M. Bogue, J.C. Luby, W. A. Jump, G. B. Shilling, T. Litchendorf, A. S. Wood, G. S. Schorr, R. W. Baird, 2012. Near-Real-Time Acoustic Monitoring of Beaked Whales and Other Cetaceans Using a Seaglider™, *PLoS ONE* 7(5): e36128. doi:10.1371/journal.pone.0036128.

Krause, B.L., 1987, Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance. *Whole Earth Rev* 57:14-18.

Kuperman, W. A., Porter, M. B., Perkins, J. S., and Evans, R. B. Rapid computation of acoustic fields in three-dimensional ocean environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89(1), 1991.

Jensen, F.B, Kuperman, W.A., Porter, M.B., Schmidt, H., 2011, *Computational Ocean Acoustics*. Springer, 793 pags.

Lima, J.A.M, Paula, T.P., 2017, Requisitos do sistema de processamento, armazenamento e consulta dos dados acústicos gerados pelo PMPAS-BS, CT TEO 024/2017 Rev A.

McDonald, M., Hildebrand, J.A., Wiggins, S.M., 2006, Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 120 (2), pag 711-718.

Medwin, H., Clay, C.S., 1998, *Fundamentals of Acoustical Oceanography*, 1ed., USA, Academic Press.



McKenna, M. F., Ross, D., Wiggins, S. M., and Hildebrand, J. A. Underwater radiated noise from modern commercial ships. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1):92-103, 2012.

Montgomery, D. C., Runger, G. C., 2003, "Applied Statistics and Probability for Engineers. Third Edition", John Wiley & Sons, Inc.

Moreira, J.L.P., Madeira, C.V., Gil, J.A., Machado, M.A.P, 2007. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2):531-549.

NOAA, 2016, Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing: Underwater Acoustic Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. National Marine Fisheries Service, U.S. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-55, 178p, 2016.

Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S. L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N. *Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape*, Bioscience, 61:203-216.

Porter, M. P. The KRAKEN normal mode program. Technical Report SM-245, SANCLANT Underwater Research Centre, La Spezia, Italy, 1991.

PROOCEANO, 2017a. Relatório Técnico – Monitoramento Móvel por Meio de *Gliders* e Perfiladores Acústicos, Rev.00.

PROOCEANO, 2017b. Relatório Técnico – Análise de Flow Noise nos Dados Acústicos Coletados por *Gliders*, Rev.01.

Rochinha, A.C.B. 2015. Análise de dados oceanográficos oriundos do Projeto Azul obtidos em uma radial no norte da Bacia de Santos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

Ross, D., 1976, *Mechanics of Underwater Noise*. Pergamon Press, 382 pags.



Schafer, R.M., 1969, The new soundscape: A Handbook for the Modern Music Teacher. Canada, BMI, Don Hills.

Shafer, R.M., 1977, Tuning of the World (The Soundscape). Knopf.

Soares-Filho, W., Relatório Técnico – Qualificação de Dados – PABLO, IPqM-RT-A2-002.1

Soares Filho, W., Barreira, L.M., Lima, J.A.M., Paula, T.P., Almeida, F.G. 2017. Evaluation of Data Measured by Acoustic Profilers on the Southeast Brazilian Continental Slope. Proceedings of the Rio Acoustics 2017 IEEE/OES Acoustics in Underwater Geosciences Symposium, Rio de Janeiro, Brasil. 4 pags.

Southworth, M., 1969. The Sonic Environment of Cities. Environment and Behavior, 1:49-70.

Strassberg. M., 1979. Non acoustic noise interference in measurements of infrasonic ambient noise. The Journal of the Acoustical Society of America, 66(5), 1487-1493.

Strasberg, M. , 1985. Hydrodynamic Flow Noise in Hydrophones. Adaptive Methods in Underwater Acoustics, H. G. Urban (ed.), pp 125-143.

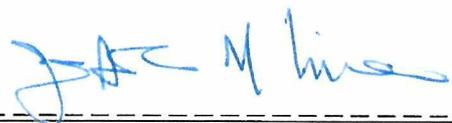
Urick, R.J., Principles of Underwater Sound, McGraw-Hill, New York, 1983.

Yau, C., 2013, “R Tutorial with Bayesian Statistics. Using OpenBUGS”. E-book digital. Disponível em: <http://www.r-tutor.com>.



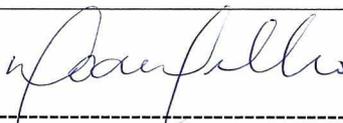
## APÊNDICE A EQUIPE TÉCNICA

### A.1 PETROBRAS

<b>Profissional</b>	<b>José Antonio Moreira Lima</b>
<b>Unidade de Negócios</b>	CENPES/PDDP/TEO
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA/BA 16.501-D
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	6963083
<b>Responsável pela(s) Seção(ões)</b>	VII
<b>Assinatura</b>	
<b>Profissional</b>	<b>Thiago Pires de Paula</b>
<b>Unidade de Negócios</b>	CENPES/PDDP/TEO
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA/RJ 200920704-1
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	6964874
<b>Responsável pela(s) Seção(ões)</b>	VII
<b>Assinatura</b>	



**A.2 INSTITUTO DE PESQUISAS DA MARINHA (IPqM)**

Profissional	Cristiani Perrini Bodart
Empresa	IPqM
Registro no Conselho de Classe	7222416
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	CREA-RJ – 148.978-D
Responsável pela(s) Seção(ões)	Todas
Assinatura	
Profissional	William Soares Filho
Empresa	IPqM
Registro no Conselho de Classe	CREA-RJ – 50,138-D
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	355491
Responsável pela(s) Seção(ões)	Todas
Assinatura	

## APÊNDICE B PERFILADOR ACÚSTICO (PABLO)

### B.1 PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO

O sistema PABLO (do inglês, *Profiling Acoustic Buoyant Lagrangian Observing system float*) é um perfilador oceânico fabricado pela MetOcean Inc., concebido para adquirir dados acústicos em profundidades de até 1.000 m. Sua operação consiste em ciclos de descida, deriva submersa em uma profundidade de estacionamento, subida realizando janelas acústicas e transmissão de dados. Durante um ciclo de mergulho, até cinco profundidades são amostradas, como representado na Figura B.1-1. Ao fim do mergulho, o equipamento chega à superfície e sua localização é determinada através de um GPS. Por último, os dados armazenados são transmitidos pelo sistema de satélites Iridium.

Estes perfiladores não armazenam, de forma permanente, os dados obtidos em cada mergulho. Após a transmissão dos parâmetros calculados, junto com os dados complementares, ele remove estes dados de sua memória para se preparar para o próximo mergulho.

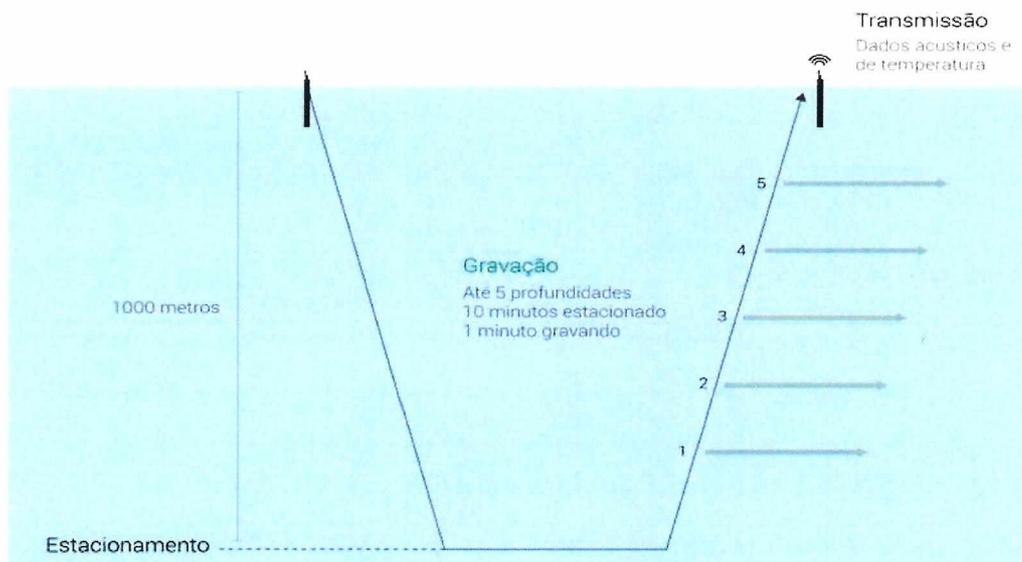


Figura B.1-1: Representação de um ciclo de mergulho de um perfilador PABLO (Fonte: ProOceano).



## B.2 AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS

O sistema de aquisição de dados acústicos dos PABLOS tem as seguintes características:

Hidrofone M24-070 da GeoSpectrum;

Sensibilidade do hidrofone: -165 dB re 1V/ $\mu$ Pa;

Resposta de frequência plana até 10kHz (+/- 1dB)

Frequência de amostragem: 24kHz; e

Número de bits: 24.

Sinal acústico não disponibilizado.

## B.3 PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO

Para cada janela acústica realizada, o hidrofone presente no PABLO obtém 1 minuto de gravação. O próprio equipamento processa os dados e gera os parâmetros acústicos a serem enviados por satélite. Esse processamento consiste em dividir a gravação em 351 blocos de 170,7 ms, conforme a Figura B.3-1.

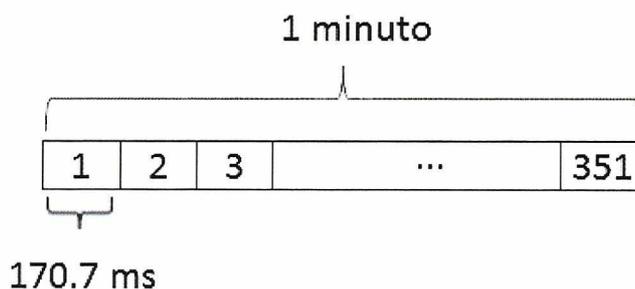


Figura B.3-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOS para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).

Em cada bloco, são calculados a pressão RMS e um espectro de 1/3 de oitava. Os perfiladores não executam verificações de dados espúrios nos valores calculados.

Os parâmetros enviados pelos PABLOS são:

**SPL<sub>RMS</sub> médio (average SPL):** Média dos valores de RMS dos 351 blocos, convertida para dB;

**SPL<sub>Max</sub> (maximum SPL):** O valor máximo dos valores de RMS dos 351 blocos, convertido para dB;

**SPL<sub>pico-a-pico</sub> (*peak-to-peak pressure level*):** Diferença entre o maior (mais positivo) e o menor (mais negativo) valor da pressão acústica observada na janela, convertida para dB;

**Espectros de 1/3 de oitava dos percentis de 5%, 50% e 95%:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros de 1/3 de oitava do conjunto dos 351 blocos e indicam o valor de SPL<sub>RMS</sub>, para cada banda, que não é ultrapassado X% do tempo, onde X = [5, 50 ou 95] %.

**Espectros de 1/3 de oitava médios:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros do conjunto dos 351 blocos e indicam o valor de SPL<sub>RMS</sub> médio para cada banda de 1/3 de oitava.

#### **B.4 DADOS COMPLEMENTARES**

Em cada profundidade de aquisição de dados, o PABLO coleta, além dos dados acústicos, os valores de pressão e de temperatura. Além disso, os perfiladores foram programados para obter um perfil de temperatura em função da profundidade durante todo o percurso de subida.





Coordenador da Equipe





Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## APÊNDICE C GLIDER

### C.1 PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO

Os *gliders* *SeaGlider*, fabricado pela empresa Kongsberg, são veículos submersíveis autônomos – VSA (AUV – *Autonomous Underwater Vehicles*), controlados remotamente por satélite, sendo capazes de mergulhar a profundidades de até 1.000 metros e seguir rotas programadas pelo usuário. Eles permitem a coleta contínua de dados oceanográficos de temperatura, condutividade e profundidade, com a utilização de um sensor de CTD (do inglês, *Conductivity, Temperature, Depth*). A navegação do *glider* é feita usando sua capacidade de converter seu movimento vertical em deslocamento horizontal. O equipamento maneja sua trajetória na água alterando sua flutuabilidade, sua hidrodinâmica e controlando sua rolagem (*roll*) e arfagem (*pitch*), como mostrado na Figura C.1-1.

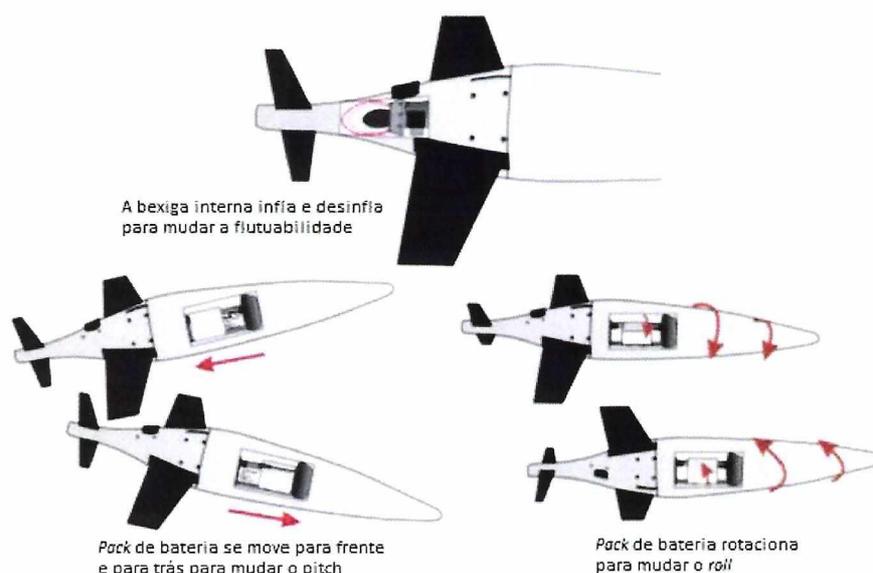


Figura C.1-1: Representação esquemática dos mecanismos de controle de flutuabilidade, arfagem e rolagem do *SeaGlider*. Retirado de Rochinha (2015). (Fonte: ProOceano).

Ao final de cada mergulho, o *glider* retorna à superfície e se comunica com sua base em terra via satélite, transmitindo os dados oceanográficos coletados e recebendo novos comandos de operação.



## C.2 AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS

A Figura C.2-1 apresenta, de forma esquemática, um mergulho do *glider* da forma como ele foi configurado para atuação no projeto PMPAS-BS. O *glider* possui um sistema de monitoramento acústico passivo (PAM, do inglês *Passive Acoustic Monitoring*) que é programado para adquirir os dados acústicos recebidos por um hidrofone. O PAM permanece ligado durante todo o período de descida, registrando em torno de 3 horas contínuas ao longo de um mergulho a 1.000 m. O registro é encerrado ao fim da descida e o PAM permanece desligado durante a subida do equipamento. Ao atingir a superfície, o *glider* transmite via satélite as informações de navegação do mergulho e os dados do CTD. Os arquivos de áudio são armazenados internamente e recuperados apenas ao final da campanha.

O sistema de aquisição dos *gliders* tem as seguintes características:

- Hidrofone HTI-91-WB da High Tech Inc.;
- Sensibilidade: -165 dB re 1V/  $\mu$ Pa;
- Resposta de frequência plana até 30 kHz (+/- 2 dB)
- Frequência de amostragem: 125 kHz;
- Número de bits: 16 ou 24 bits.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

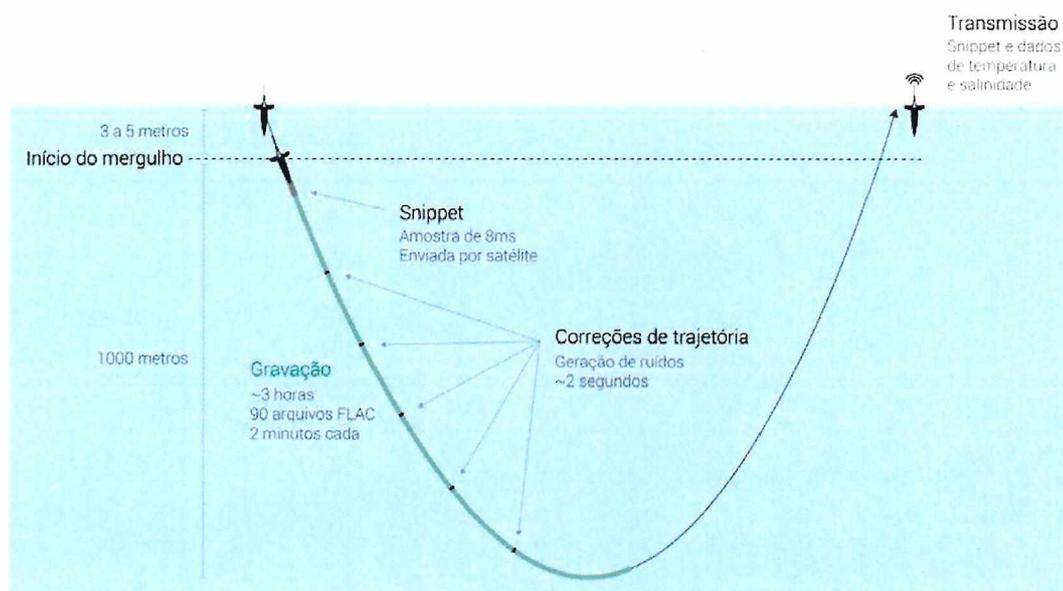


Figura C.2-1: Diagrama esquemático apresentando as etapas de um mergulho do glider. (Fonte: ProOceano).

### C.3 PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO

Os *gliders* não calculam nenhum parâmetro a partir do sinal acústico, gravando os sinais recebidos pelo seu hidrofone em um disco rígido interno. Estes sinais são recuperados junto com o equipamento e são processados como descrito no Apêndice F.

### C.4 DADOS COMPLEMENTARES

Durante as campanhas, além dos dados acústicos, o *glider* coletou uma série de dados complementares com um CTD e um GPS. Os dados do CTD foram coletados durante toda a operação do *glider*, mesmo quando não eram realizadas gravações acústicas. Esses dados complementares foram disponibilizados no formato netCDF, sendo os principais os seguintes:

- Tempo e posição GPS do *glider* quando chega à superfície;
- Tempo de início e final de cada mergulho;
- Tempo, temperatura, pressão hidrostática, condutividade;
- Índice do tempo de início e final de cada mergulho;

- Salinidade e profundidade;
- Posição do *glider* a cada medição do CTD.

Alguns dos dados fornecidos junto com os dados complementares são derivados dos dados originais adquiridos pelo *glider*, sendo os principais os seguintes:

- Salinidade e profundidade;
- Posição do *glider* a cada medição do CTD.



  
\_\_\_\_\_  
Coordenador da Equipe



  
\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019

## APÊNDICE D OBSERVATÓRIO SUBMARINO (OS)

### D.1 DESCRIÇÃO DO OCEANPOD

O OceanPod é um equipamento autônomo de gravação acústica submarina desenvolvido pelo Laboratório de Dinâmica e Instrumentação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de São Paulo (LADIN-USP). Cada unidade é equipada com um hidrofone, um circuito de condicionamento analógico e um conversor analógico-digital, controlado por um microprocessador. O equipamento tem as seguintes características, de acordo com o fabricante:

- Autonomia de 5 meses de gravação contínua com baterias alcalinas e de 12 meses com baterias de lítio (para as dimensões padrão);
- Possibilidade de gravação agendada;
- Quatro *slots* de cartões microSD de até 128 GB cada;
- Frequências de digitalização que pode ser especificada entre 4 e 48 kHz;
- Banda de frequência de hidrofone entre 5 Hz e 40 kHz;
- Resposta de frequência plana até 10 kHz;
- Sensibilidade de -200 a -150 dB 1 V/1  $\mu$ Pa;
- Profundidade de operação até 350 m;

O sistema de aquisição do OceanPod foi configurado com as seguintes características:

- Sensibilidade: -165 dB re 1 V/ $\mu$ Pa;
- Frequência de amostragem: 48 kHz;
- Número de bits: 16.

Na Figura D.1-1, é apresentado o OceanPod instalado na poita de um observatório submarino (equipamento à esquerda), junto a um ADCP (equipamento à direita).





*Figura D.1-1: OceanPod (à esquerda) e ADCP (à direita) instalados na poita de um observatório submarino.*

## **D.2 DESCRIÇÃO DO SAASS\_MK1**

Devido a problemas no fornecimento dos gravadores OceanPod, o IPqM iniciou o desenvolvimento de um gravador acústico autônomo. A primeira versão deste gravador, chamado de Sistema Autônomo de Aquisição de Sinais Submarinos (SAASS-MK1) foi desenvolvido utilizando um gravador de áudio comercial, modelo TASCAM DR-40, alimentado por baterias e instalado em um vaso mecânico semelhante ao usado pelo OceanPod. Este equipamento possui as seguintes características técnicas:

- Hidrofone Neptune;
- Frequência de amostragem: 48 kHz;
- Resposta de frequência plana até 20 kHz (+/- 2dB);
- Número de bits: 16;
- Armazenamento: 1 cartão SDHC de 128 GBytes;
- Autonomia em gravações de 48 kHz/16 bits: 16,5 dias.

Considerando a limitação devida ao espaço reduzido de memória deste equipamento, o tempo estimado de utilização com gravação contínua foi de 15 dias. Em alguns ciclos, foi instalado um sistema de controle de gravação que



permitiu a programação de gravações com uma duração predeterminada, seguida por um período de espera. Este procedimento foi utilizado, principalmente, no final do ano de 2017, visando aumentar a autonomia do gravador, uma vez que não seria possível, neste período do ano, a sua recuperação.

### **D.3 DESCRIÇÃO DO SAASS\_MK2 e MK2.1**

Nesta versão do SAASS, o gravador acústico foi projetado e desenvolvido no IPqM. O projeto consistiu em substituir o gravador TASCAM, utilizado na versão SAASS\_MK1, por um sistema de aquisição de dados com maior autonomia. O objetivo do desenvolvimento foi tornar disponível um equipamento em que suas características pudessem ser adequadas às necessidades do projeto. O SAASS\_MK2 tem as seguintes características técnicas:

- Hidrofone construído no IPqM;
- Frequência de amostragem: 96 kHz;
- Resposta de frequência plana até 20 kHz;
- Número de bits: 16;
- Armazenamento: 4 cartões SDHC de 128 GBytes;
- Autonomia em gravações de 48 kHz/16 bits: 66 dias.



## APÊNDICE E LINHA DE FUNDEIO INSTRUMENTADA (LFI)

### E.1 DESCRIÇÃO DO AMAR-G3

O equipamento AMAR-G3 (*Autonomous Multichannel Acoustic Recorder*) é um gravador acústico autônomo fabricado pela empresa JASCO Applied Sciences. O equipamento tem as seguintes características:

- Possibilidade de gravação agendada;
- Capacidade de até 1.792 GBytes de gravação;
- Até 8 canais de 24 bits com frequência de digitalização até 128 kHz;
- Um canal de 16 bits de alta velocidade, até 687,5 kHz;
- Profundidade de operação até 250m, no modo Standard e até 2.500m no modo Deep;
- Dimensões de 16,5 cm de diâmetro e 56,2 cm de altura;
- Opções de 9, 48, 96 ou 144 baterias alcalinas tamanho D;
- Tempo de gravação de até um ano;
- Ganho ajustável de 0 a 42 dB;
- Dez canais para medições oceanográficas.

O gravador acústico é equipado com um hidrofone modelo M14-V20-370 ou M36-V35-100, da GeoSpectrum. O modelo M14-V20-370 possui as seguintes características:

- Faixa de frequência: 10 Hz a 32 kHz;
- Pré-amplificação embutida de 20 dB;
- Resposta de frequência plana até 40 kHz (+/- 2 dB).

Já o modelo M36-V35-100 tem as seguintes características:

- Faixa de frequência 25 Hz a 60 kHz;
- Pré-amplificação embutida de 35 dB
- Resposta de frequência plana até 30 kHz (+/- 2 dB).

Na Figura E.1-1, é mostrado o equipamento AMAR-G3.



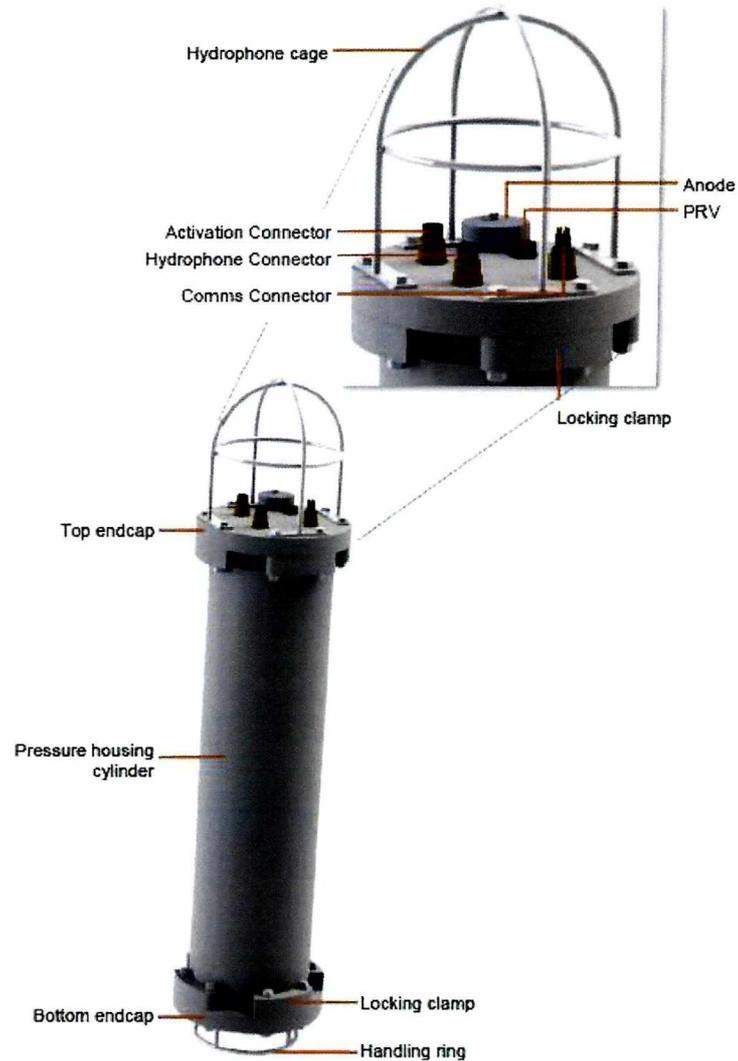


Figura E.1-1: Gravador acústico AMAR-G3, mostrando seus conectores e plugs. (Fonte: JASCO)

## APÊNDICE F PROCESSAMENTO DE DADOS ACÚSTICOS

Nesta seção, serão apresentados os procedimentos de processamento iniciando com um arquivo de áudio gravado pelos equipamentos. Os detalhes específicos de cada equipamento foram apresentados nos Apêndices B, C, D e E.

### F.1 EQUALIZAÇÃO DOS SINAIS

Os sinais acústicos recebidos são processados para se obter a pressão acústica correspondente na face do hidrofone. Para isto, os dados gravados são equalizados para corrigir as distorções e transformações provocadas pelo hidrofone, pelo pré-amplificador e pelo conversor analógico-digital. O resultado desta fase inicial é uma série temporal de pressão acústica, em  $\mu\text{Pa}$ , que será usada para o cálculo dos parâmetros acústicos, que são o resultado final de interesse no processamento.

### F.2 PARÂMETROS ACÚSTICOS

Os sinais acústicos equalizados são processados para a obtenção de diversos parâmetros espectrais, que são usados para caracterizar o ruído acústico no local da medição. O procedimento utilizado foi adaptado do processamento utilizado em um experimento de medição acústica no Alasca, denominado *Chucki Sea Experiment*, com a contribuição de várias companhias de petróleo, e com objetivos similares aos do PMPAS-BS (DELARUE *et al.*, 2015). Isto permite a padronização dos procedimentos de processamento dos sinais e qualificação dos parâmetros espectrais obtidos nos Perfiladores, *gliders*, OSs e LFIs, facilitando esta fase das atividades e permitindo a comparação dos dados dos diversos sistemas de aquisição de sinais acústicos com projetos similares no mundo.

Os sinais acústicos são analisados para a obtenção de parâmetros espectrais a cada trecho de um minuto de gravação. Estes trechos são divididos em blocos de análise, sendo em número de 120 para os *gliders*, OSs e LFIs e de 351 para os perfiladores PABLO. Na Figura F.2-1, é apresentado um diagrama



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

3º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2019

da subdivisão do sinal para os perfiladores PABLO e na Figura F.2-2, o diagrama para os demais sistemas de aquisição.

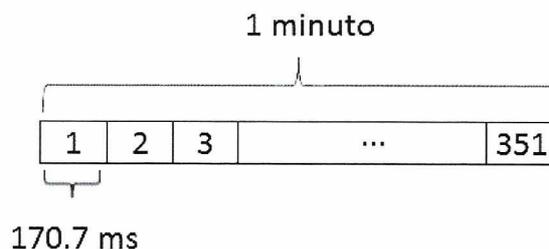


Figura F.2-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOs para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).

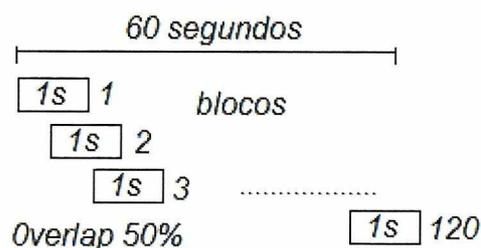


Figura F.2-2: Divisão do sinal de áudio para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais dos gliders, OSs e LFI.

Em cada bloco, são calculados a pressão RMS e um espectro de 1/3 de oitava. A partir destes dados, os seguintes parâmetros são calculados:

- SPL<sub>RMS</sub> médio (average SPL):** Média dos valores de RMS dos 120 blocos, convertida para dB;
- SPL<sub>RMS\_pico</sub> (peak RMS level):** O maior valor RMS dos 120 blocos, convertido para dB;
- SPL<sub>pico-a-pico</sub> (peak-to-peak pressure level):** Diferença entre o maior (mais positivo) e o menor (mais negativo) valor da pressão acústica observada na janela, convertida para dB;
- Espectros de 1/3 de oitava dos percentis de 5%, 50% e 95%:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros de 1/3 de oitava do conjunto dos 120 blocos e indicam o valor de SPL<sub>RMS</sub>, para cada

banda, que não é ultrapassado X% do tempo, onde X = [5, 50 ou 95]%;

- (e) **Espectros de 1/3 de oitava médios:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros do conjunto dos 120 blocos e indicam o valor de  $SPL_{RMS}$  médio para cada banda de 1/3 de oitava;
- (f) **Densidade espectral de potência média:** A densidade espectral média dos 120 blocos, em unidade de dB re 1  $\mu Pa^2/Hz$ , com resolução de 1 Hz até a frequência de corte do equipamento ( $f_c = f_s / 2$ ).

Para facilitar a comparação entre os parâmetros das letras (a), (b) e (c) com aqueles apresentados nas letras (d) e (e), calcula-se, para cada espectro de potência apresentado, o valor RMS total correspondente, usando-se a equação:

$$SPL_{total} = 10 \log_{10} \left( \sum 10^{SPL_{esp}(i)/10} \right), i = 1, \dots, 30$$

onde  $SPL_{total}$  é o SPL total para o espectro.

Usando-se esta fórmula, são calculados parâmetros de SPL totais para os espectros das letras (d) e (e).

### **F.2.1 NÍVEL DE EXPOSIÇÃO SONORA – SEL**

O Nível de Exposição Sonora (SEL, do inglês *Sound Exposure Level*), correspondente ao período de tempo T é definido como sendo (TNO, 2011):

$$SEL = \int_T p(t)^2 dt$$

onde p(t) é a pressão acústica medida.

O SEL pode ser calculado considerando um tipo específico de ruído. Para o caso de ruído impulsivos ou transientes, o SEL é definido como o somatório dos SELs de cada evento individual que ocorra no período de tempo determinado.



$$SEL_{cum} = \sum_{i=1}^N SEL_n$$

No caso de um ruído contínuo, com variações lentas, o SEL pode ser obtido a partir da fórmula inicial. Se houver interesse em se estimar o SEL relativo ao ruído de fundo em um ambiente onde ocorram ruídos impulsivos ou transientes, pode ser interessante desconsiderar estes ruídos no cálculo do SEL, substituindo-os por estimativas adequadas do próprio ruído de fundo, como, por exemplo, a mediana do ruído obtida a partir de cálculos do SPL em diversos blocos consecutivos do sinal acústico.

MERCANT et al, 2012 calculou o SEL integrado por um período de 24h para gravações feitas por um período de 20 dias, primeiro considerando o ruído total, em seguida considerando apenas o ruído de fundo e a seguir, considerando o ruído provocado por embarcações que tenham elevado os níveis de ruído recebido pelo hidrofone acima de um dado limiar.

FROUIN-MOUY et al, 2016 também apresentou o SEL integrado por um período de 24h, para gravações feitas por um período de um ano no Chukchi Sea, Alaska. Para isto, os sinais gravados foram processados, obtendo-se o nível de pressão sonora (SPL) a cada minuto e o ruído correspondente foi classificado como sendo dominado por ruídos de embarcações, ruídos sísmicos ou ruído ambiente. A partir do SPL, foi calculado o SEL 1min, que corresponde a multiplicar a energia correspondente ao SPL (RMS) por 60. A seguir, foram calculados os SEL24h computados para a energia total recebida, para a energia dos pulsos de sísmicas detectados e para a energia das embarcações detectadas. O SEL24h total é a soma dos SEL1min. Para as embarcações e pulsos sísmicos, o SEL24h é a soma dos SEL1min marcados com detecções de embarcações e pulsos sísmicos, respectivamente.



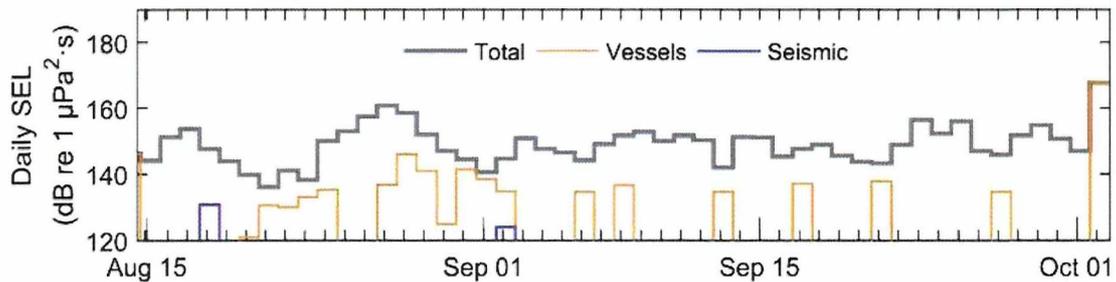


Figura F.2.1-1:  $SEL_{24h}$  para gravações feitas por um período de um ano no Chukchi Sea, Alaska [FROUIN-MOUY et al, 2016]. As legendas na escala horizontal representam o mês e o dia do mês.

Nos sistemas de medição usados no PMPAS-BS, a forma mais adequada de obtenção do  $SEL_{24h}$  à partir dos  $SPL_{RMS}$  de cada minuto do sinal adquirido, senso que:

$$SPL_{RMS} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{60} \int_{t=0}^{60} p(t)^2 dt \right]$$

Para cada um destes minutos, deve ser anotado se houve detecção de embarcações ou de pulsos sísmicos. O  $SEL_{24h}$  total pode ser obtido integrando os  $SPL_{RMS}$  disponíveis para o período de 24 horas considerado e, caso existam instantes de tempo em que os  $SPL_{RMS}$  não estejam disponíveis, como por exemplo por ausência de sinal ou porque o trecho não passou no processo de qualificação, o  $SEL_{24h}$  total deve ser obtido multiplicando-se o valor calculado por  $24 \cdot 60 / (\text{Tempo integrado})$ . Assim, o  $SEL_{24h}$  deve ser calculado como:

$$SEL_{24h} = 10 \log_{10} \left[ \left( \sum_{i=1}^N 10^{\frac{SPL_i}{10}} \right) \frac{1.440}{N} \right]$$

onde N é o número de trechos qualificados disponíveis no intervalo de 24 horas.

### F.2.1.1 Perfiladores PABLO

Para os dados obtidos por meio dos perfiladores PABLO, não é adequado o cálculo do  $SEL_{24h}$ , uma vez que ele realiza apenas cinco gravações de um



minuto por dia. Mesmo se for considerado que diversos perfiladores estão ativos ao mesmo tempo, suas posições não são as mesmas e o ruído obtido por cada um deles representa contribuições de fontes diferentes.

### **F.2.1.2 Observatórios Submarinos**

Nos observatórios submarinos, é realizada a gravação contínua dos sinais acústicos. Em um período de 24 horas, são feitas 1.440 janelas de 1 minuto ( $60\text{min}/\text{hora} \times 24\text{horas}$ ) = 1.440min.

### **F.2.1.3 Gliders**

Para os gliders, as gravações são realizadas, normalmente, apenas no trecho de descida de um mergulho (em torno de 3 horas) e, mesmo assim, não é em todo mergulho do glider que a gravação é efetuada.

### **F.2.1.4 Linhas de Fundeio Instrumentadas**

Já nas linhas de fundeio instrumentadas, a gravação é feita de forma a se obter janelas de 1 minuto de gravação a cada 10 minutos. Em situações normais, em que todas as gravações passem no processo de qualificação, são feitas 144 janelas de 1 minuto por dia.

## **F.2.2 PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DO $SEL_{CUM24h}$**

O cálculo do  $SEL_{24h}$  de um conjunto de dados obtidos durante uma campanha de medição acústica pode ser feita seguindo-se os passos abaixo, extraídos de um código em Matlab©:

- Obter os dados de entrada para o cálculo de cada minuto de sinal:
  - SPL (spl)
  - Tempo da medição (t, em dias)
- Calcular o índice para o dia e o minuto de cada medição:
  - $td = t - \text{floor}(t(1));$  % Dias a partir do início dos dados
  - $th = \text{mod}((td - \text{floor}(td)) * 24, 24);$  % Horas em cada dia



- $td = \text{floor}(td)$ ; % Número do dia, iniciando em 0
- $im = \text{floor}(th(i)*60)+1$ ; % Índice para o minuto (1 a 1440)
- $id = td(i)+1$ ; % Índice para o dia (1 a #dias)
- Criar matriz para preencher com o SPL de cada minuto de cada dia. Inicializar esta matriz com NaN:
  - $\text{mapa} = \text{zeros}(24*60, \text{Max}(\text{floor}(td))+1) + \text{NaN}$ ;
- Preencher matriz com SPL de cada minuto:
  - $\text{mapa}(im(i), id(i)) = \text{spl}(i)$ ; para  $i=1:\text{length}(\text{spl})$
- Obter o número de minutos com medição por dia, contando o número de valores diferente de NaN em cada dia:
  - $nmin = \text{sum}(\sim \text{isnan}(\text{mapa}))$ ;
- Calcular a energia de cada minuto de medição e preencher a matriz com as energias calculadas nas posições com medição e com zero nas posições sem medição:
  - $ind = \text{find}(\sim \text{isnan}(\text{mapa}))$ ; % Posição com medição
  - $indn = \text{find}(\text{isnan}(\text{mapa}))$ ; % Posição sem medição
  - $en(i) = 10^{(\text{mapa}(ind(i))/10)*60}$ ; para  $i=1:\text{length}(ind)$
  - $\text{mapa}(ind(i)) = en(i)$ ; para  $i=1:\text{length}(ind)$
  - $\text{mapa}(indn(i)) = 0$ ; para  $i=1:\text{length}(indn)$
- Calcular o  $SEL_{24h}$  para cada dia, somando a energia das medições daquele dia:
  - $\text{sel24h}(i) = 10*\log_{10}(\text{sum}(\text{mapa}(:,i))/nmin(i)*1440)$ ; para  $i=1:\#dias$

### F.3 QUALIFICAÇÃO DOS SINAIS

Durante a medição do ruído ambiente acústico, é possível que ocorram ruídos espúrios gerados por fontes outras, como por exemplo, o ruído do próprio sistema de medição (ruído próprio), o ruído de fontes impulsivas, ou situações



como saturação ou níveis muito baixos de sinal. A identificação de trechos com possíveis problemas na gravação possibilitará sua remoção do processo de análise dos dados obtidos, resultando em uma análise mais confiável.

A qualificação dos sinais é o processo que permite validar um sinal acústico, removendo os trechos que possam conter algum tipo de contaminação que não devam ser considerados como ruído ambiente. Este é o caso, por exemplo, dos trechos das gravações acústicas feitas pelo *glider* onde o seu motor ou sua bomba hidráulica estão ligados.

A qualificação dos sinais de cada minuto de gravação foi feita fazendo-se uma análise estatística dos seguintes parâmetros:

1.  $SPL_{Med}$  : obtido como descrito na letra a;
2.  $SPL_{Max}$  : obtido como descrito na letra b;
3.  $SPL_{pico-a-pico}$  : obtido como descrito na letra c;
4.  $SPL_{esp\_5p}$  : obtidos dos espectros do percentil de 5% da letra d;
5.  $SPL_{esp\_50p}$  : obtidos dos espectros do percentil de 50% da letra d;
6.  $SPL_{esp\_95p}$  : obtidos dos espectros do percentil de 95% da letra d;
7.  $SPL_{esp\_med}$  : obtidos dos espectros médios da letra e.

Dos sete parâmetros de SPL calculados, o  $SPL_{esp\_50p}$  é o mais robusto à presença de interferências, uma vez que ele é calculado a partir de um espectro formado usando-se as medianas de cada filtro dos espectros de 1/3 de oitava dos blocos de sinais. A mediana é uma estimativa do valor médio, robusta à presença de valores extremos, chamados *outliers*.

A forma usada para a detecção de valores extremos (*outliers*) é analisar a diferença, em dB, dos parâmetros  $SPL_{xxx}$  para o parâmetro  $SPL_{esp\_50p}$ , ou seja:

$$SLP_{Dif\_xxx} = SPL_{xxx} - SPL_{esp\_50p}$$



Os parâmetros analisados ( $SPL_{Dif\_xxx}$ ) são:

- $SPL_{Dif\_Med} = SPL_{Med} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_Max} = SPL_{Max} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_pico-a-pico} = SPL_{pico-a-pico} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_esp\_5p} = SPL_{esp\_5p} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_esp\_95p} = SPL_{esp\_95p} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_esp\_med} = SPL_{esp\_med} - SPL_{esp\_50p}$ ;

A Figura F.3-1 mostra os histogramas para as diferenças dos parâmetros,  $SPL_{Dif\_xxx}$ , usando-se, como exemplo, os dados dos cinco primeiros ciclos de aquisição dos perfiladores. Os histogramas são unimodais, o que facilita a identificação de *outliers* definindo-se limiares em torno das distribuições, além dos quais, o parâmetro será considerado como *outlier* e será descartado. O histograma correspondente ao parâmetro  $SPL_{esp\_5p}$  tem sua escala horizontal inversa, quando comparado com o comportamento dos outros parâmetros.

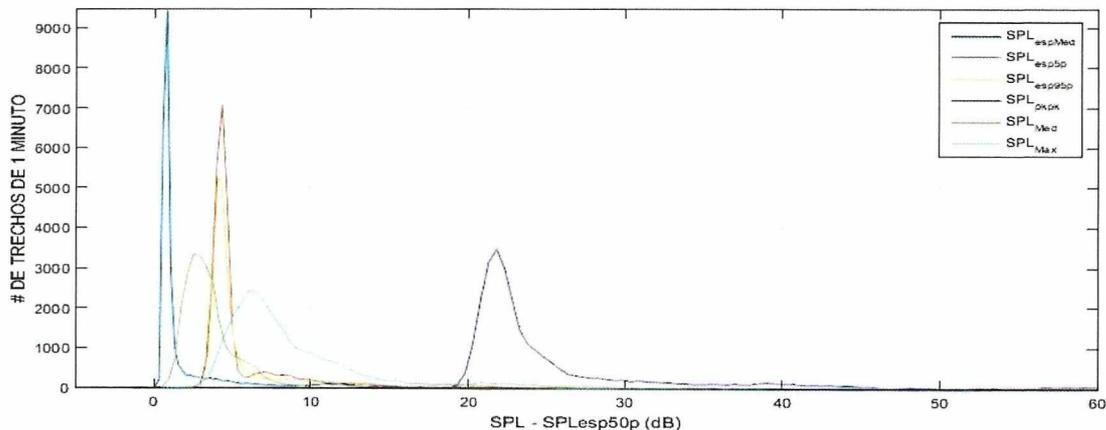


Figura F.3-1: Histogramas para as diferenças, em dB, entre os parâmetros  $SPL_{xxx}$  e o parâmetro  $SPL_{esp\_50p}$ .

A Tabela F.3-1 mostra a média, o desvio padrão, a mediana e a mediana do desvio absoluto mediano ( $MAD = median\ absolute\ deviation$ ) para as seis distribuições apresentadas, onde o desvio absoluto mediano é uma estimativa do desvio padrão, mais robusta à presença de *outliers*, dada por [CROUX, 2013]:

$$MAD(x) = 1,4826 \text{ mediana}(\text{abs}(x - \text{mediana}(x)))$$

Os histogramas das diferenças  $SPL_{Dif\_xxx}$  foram normalizados diminuindo-se, para cada um deles, sua mediana e em seguida dividindo-se pelo seu MAD:

$$SPL_{Norm\_xxx} = \frac{[SPL_{Dif\_xxx} - mediana(SPL_{Dif\_xxx})]}{MAD(SPL_{Dif\_xxx})}$$

Esta normalização permite que os histogramas sejam representados em torno de um mesmo centro e com as amplitudes dos parâmetros normalizadas pelos desvios MAD dos respectivos parâmetros.

Tabela F.3-1: Valores da média, mediana, desvio padrão e desvio absoluto mediano (MAD) para as diferenças  $SPL_{Dif\_xxx}$ , em dB.

	Média ( $media_{Dif\_xxx}$ )	Mediana ( $mediana_{Dif\_xxx}$ )	Desvio Padrão ( $desvio_{Dif\_xxx}$ )	Mediana do Desvio Absoluto (MAD $_{Dif\_xxx}$ )
$SPL_{Dif\_Med}$	12,330	12,374	2,910	2,810
$SPL_{Dif\_Max}$	25,135	24,754	4,079	2,727
$SPL_{Dif\_pico-a-pico}$	30,373	30,373	3,869	2,686
$SPL_{Dif\_esp\_5p}$	-5,737	-5,822	0,816	0,856
$SPL_{Dif\_esp\_95p}$	5,061	5,082	0,659	0,535
$SPL_{Dif\_esp\_med}$	1,165	1,058	1,000	0,238

A Figura F.3-2 mostra os histogramas dos parâmetros  $SPL_{Dif\_xxx}$  após a remoção da mediana de cada um deles e com a amplitude normalizada pela mediana do desvio absoluto (escala horizontal). O histograma para o parâmetro  $SPL_{Norm\_esp\_5p}$  teve sua escala horizontal invertida para acompanhar o mesmo comportamento dos outros parâmetros.

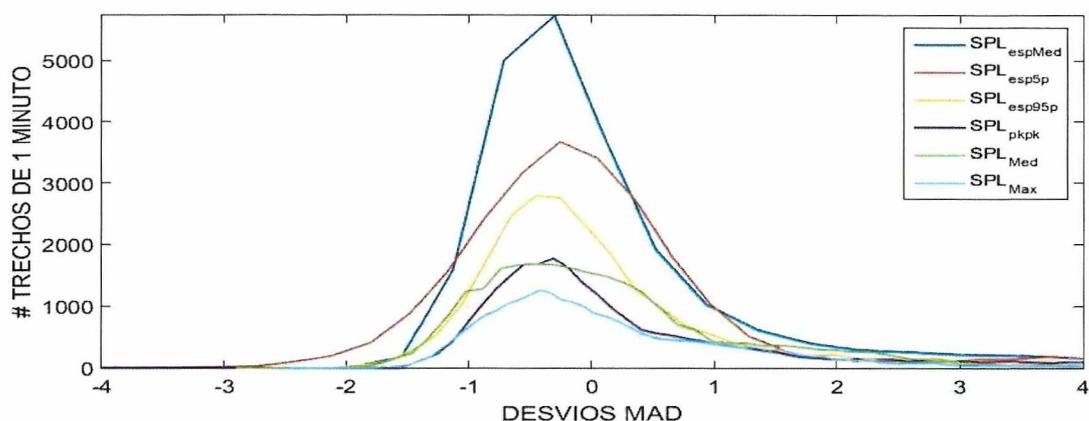


Figura F.3-2: Histogramas dos parâmetros  $SPL_{Norm\_xxx}$ . O histograma para o parâmetro  $SPL_{Norm\_esp\_5p}$  foi invertido para acompanhar o comportamento dos outros parâmetros.

Uma forma adequada de se utilizar as informações dos histogramas para a identificação de *outliers* é a definição de limiares, selecionando as regiões de menor concentração dos parâmetros como dados espúrios, ou *outliers*. A partir dos histogramas, pode-se estimar a função de distribuição acumulada dos parâmetros, na qual se representa o percentual de parâmetros que são menores do que um dado valor. A Figura F.3-3 mostra a distribuição acumulada dos parâmetros normalizados,  $SPL_{Norm\_xxx}$ . A escala horizontal representa a amplitude normalizada pelo MAD. Na distribuição acumulada, pode-se selecionar um limiar considerando o percentual de medições que se quer aceitar, sendo que as medições cujos parâmetros fiquem acima deste limiar serão consideradas como *outliers* e serão descartadas dos processamentos seguintes. As medições que forem descartadas poderão ser usadas posteriormente, caso se definam outros critérios para qualificá-las.

Como exemplo, a seleção de um limiar de 2 desvios MAD na Figura F.3-3 qualificará 95% das medições para o processamento, considerando os outros 5% das medições como *outliers*.

O critério de qualificação inicial será garantir que todos os parâmetros fiquem abaixo do limiar selecionado. As medições consideradas *outliers* neste processo serão, a princípio, descartadas dos processamentos posteriores, não sendo usadas nas análises estatísticas subsequentes. Trabalhos futuros mais

minuciosos poderão definir novos critérios de qualificação que possibilitem a reintegração de parte destes *outliers*, reduzindo o percentual das medições descartadas.

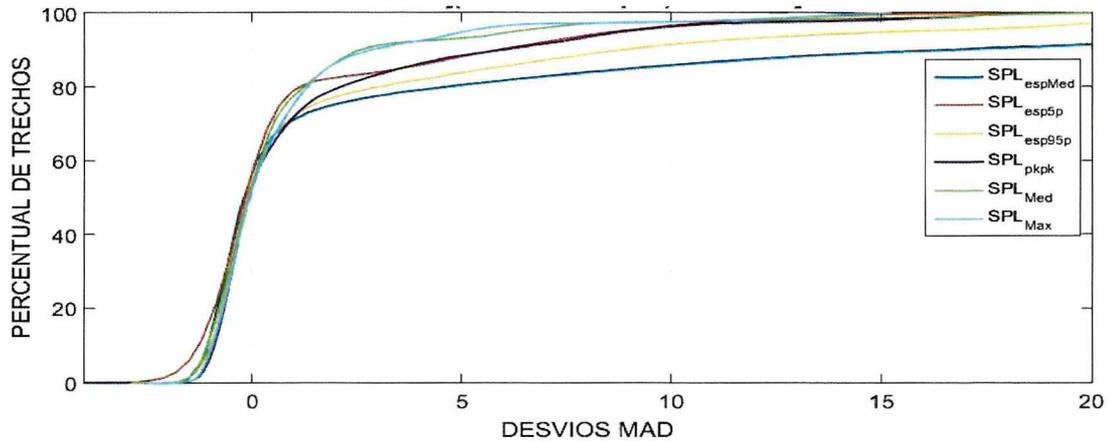


Figura F.3-3: Distribuição acumulada dos parâmetros  $SPL_{Norm\_xxx}$ . A escala horizontal representa, para cada parâmetro  $SPL_{Diff\_xxx}$ , o número de desvios  $MAD_{Diff\_xxx}$  em torno da sua mediana  $a_{Diff\_xxx}$

## F.4 DETECÇÃO DE EVENTOS

O objetivo principal do projeto PMPAS-BS é o monitoramento da paisagem acústica na região da Bacia de Santos, ou seja, acompanhar a evolução do ruído ambiente no decorrer do tempo. Desta forma, se torna necessário identificar nas gravações os trechos com ruídos provocados por outras fontes que não possam ser consideradas como ruído ambiente, tais como:

- Ruído dos próprios sistemas de aquisição;
  - Ruídos internos do sistema;
  - Ruído de fluxo;
- Ruído de fontes acústicas identificáveis, próximas do sistema de aquisição;
  - Ruído de embarcações próximas;
  - Ruídos biológicos próximos.

Neste item, são descritos os procedimentos utilizados nos sistemas de aquisição em uso no PMPAS-BS para a identificação e remoção dos ruídos citados acima. Os trechos detectados como ruídos dos próprios sistemas devem ser descartados dos processamentos posteriores.

Os trechos detectados como ruídos de embarcações ou ruídos biológicos, embora também não devam fazer parte dos processamentos para a obtenção do ruído ambiente, devem ser analisados. Os ruídos de embarcações serão analisados para a obtenção do nível de ruído irradiado pelas embarcações, a ser usado no modelo de ruído ambiente do projeto. Os ruídos biológicos serão analisados para a identificação dos animais marinhos presentes no meio oceânico, trabalho este a ser realizado pela equipe do Projeto de Monitoramento de Cetáceos (PMC).

### F.4.1 RUÍDO PRÓPRIO - GLIDER

O *glider*, durante sua operação, aciona de tempos em tempos os motores de controle de atitude (rolamento e arfagem) e a bomba hidráulica usada no



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

3º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2019



ruído próprio, removendo-se este ruído se sua duração for pequena em relação à duração total do trecho.

#### **F.4.2 RUÍDO DE FLUXO - GLIDER**

Durante seu mergulho, a velocidade do *glider* pode ser controlada por meio do enchimento e esvaziamento de uma bexiga de fluabilidade. O movimento do *glider* pelo meio, provoca flutuações no fluxo do líquido em torno dele que pode ser captado pelo hidrofone como um ruído acústico.

Durante a 5ª Campanha de coleta de dados, realizada com o *glider* SG612 entre 06 e 15 de agosto de 2016, a ProOceano realizou alguns testes para verificar a influência desta velocidade no ruído medido. Foram realizados mergulhos em que o *glider* foi operado em modo de repouso em seu apogeu, permanecendo à deriva por cerca de 30 minutos nas profundidades de 200, 500 e 950 metros. A velocidade de mergulho variou entre 10 e 20 cm/s. Os relatórios das referências PROOCEANO, (2017b) e IPQM, (2017b) analisaram estes dados para verificar a influência do ruído de fluxo devido ao movimento do *glider* no sinal acústico medido pelo seu hidrofone.

Para a ProOceano, as análises sugerem uma correlação do ruído de fluxo nos registros acústicos e a velocidade do *glider* na coluna d'água, sendo observada em velocidades superiores a 10 cm/s e em frequências abaixo de 40 Hz.

Na análise do IPqM, da mesma forma, foi verificada a influência do ruído de fluxo nos registros acústicos, principalmente em baixas frequências e para as velocidades superiores a 10 cm/s. No entanto, foi observado, também, a influência no ruído em frequências mais altas, quando se usa a velocidade em torno de 20 cm/s.

Tanto para a ProOceano, quanto para o IPqM, a utilização dos *gliders* para a coleta de registros acústicos utilizando velocidade de descida em torno de 10 cm/s não modifica significativamente os níveis medidos, quando comparado com o *glider* à deriva e com velocidade de descida em torno de 0 cm/s, devendo ser usada sempre que for feita a gravação do sinal acústico. As gravações



realizadas pelos *gliders* a partir da 5ª Campanha foram todas realizadas com velocidade de descida em torno de 10 cm/s.

A Figura F.4.2-1 apresenta um histograma da velocidade vertical do *glider* durante o teste. A partir dos resultados obtidos neste teste, definiu-se que no processo de qualificação sejam consideradas válidas apenas as medições nas quais a velocidade de descida estimada para o *glider* fique abaixo de 13 cm/s.

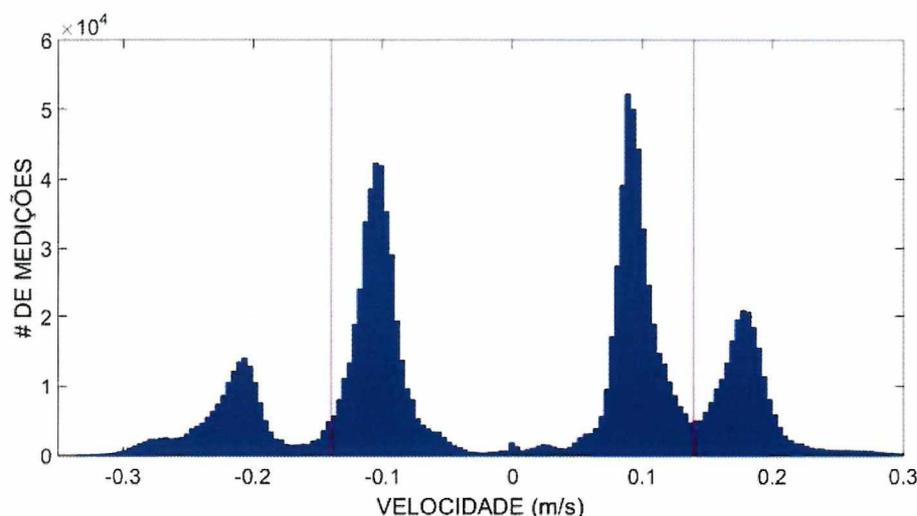


Figura F.4.2-1: Histograma da velocidade vertical do *glider* no teste de ruído de fluxo. As linhas verticais vermelhas delimitam as velocidades menores que 134 cm/s ( $-0,13 \text{ m/s} < v < 0,13 \text{ m/s}$ ).

### F.4.3 RUÍDO DE FLUXO – LFIs

Na análise dos sinais gravados pelas Linhas de Fundeio Instrumentadas na primeira campanha de lançamento, observou-se a presença de ruídos que estavam fortemente correlacionados com a intensidade da corrente oceânica medida no local. Para os dados apresentados neste relatório, as medições das LFIs foram descartadas para situações onde a intensidade de corrente oceânica ficou acima de 20 cm/s.

### F.4.4 DETECÇÃO DA PASSAGEM DE EMBARCAÇÕES

Um dos objetivos principais dos observatórios submarinos é a obtenção do nível da fonte (**SL = Source Level**) de navios da Petrobras e de terceiros que



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

3º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2019

trafegarem próximo aos OS. Os SL destes navios serão usados nos modelos para a construção de mapas geográficos com níveis de ruído na Bacia de Santos. A Figura F.4.4-1 mostra o sinal captado no OS da Baía de Guanabara durante a passagem de um navio, podendo-se observar a elevação dos níveis do sinal acústico.

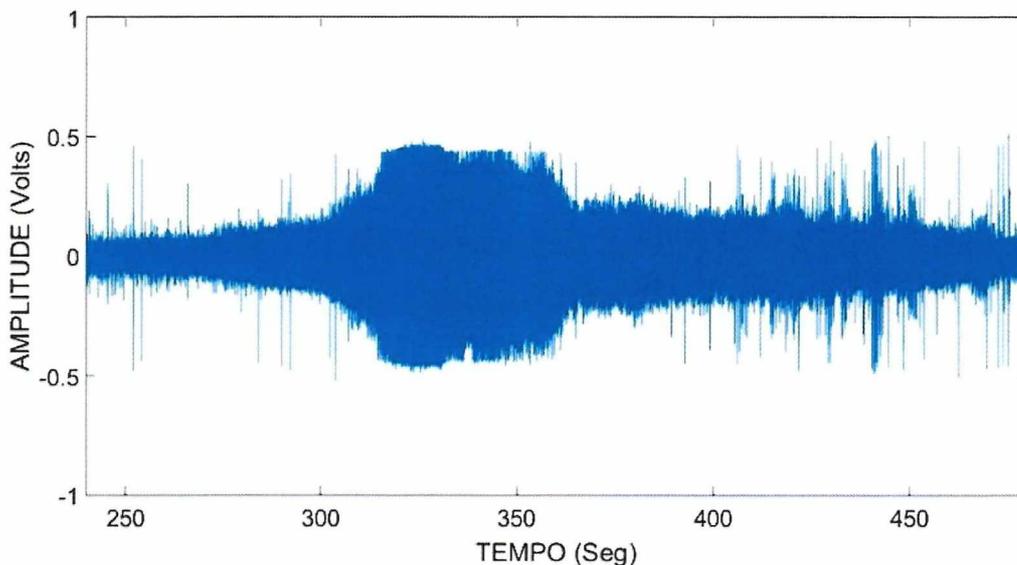


Figura F.4.4-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.

Para a detecção do ruído irradiado por embarcações, calcula-se a energia em janelas de um segundo, na banda de 40 a 3.000 Hz e compara-se esta energia com a energia média do sinal, calculada em uma janela maior, de uma hora. Uma detecção é obtida quando a energia na janela menor fica pelo menos 1,5 dB acima da energia média da janela maior e no máximo 5 dB abaixo na energia máxima na banda analisada.

Para a obtenção dos níveis da fonte para uma embarcação, é necessário que o ruído produzido por ele seja significativamente maior do que os níveis do ruído ambiente no local, sendo um aumento igual ou maior que 10 dB um valor adequado. A Figura F.4.4-2 mostra espectros do sinal recebido pelo hidrofone, obtidos antes e durante a passagem de um navio. Pode-se observar que, para este navio, ocorreu um aumento maior que 10 dB na faixa de frequência de 40 Hz até 4 kHz, sendo possível obter seu SL nesta faixa de frequência. Para a

obtenção do SL, é necessário se estimar a distância do navio ao OS, sendo utilizados os dados de AIS obtidos para a região.

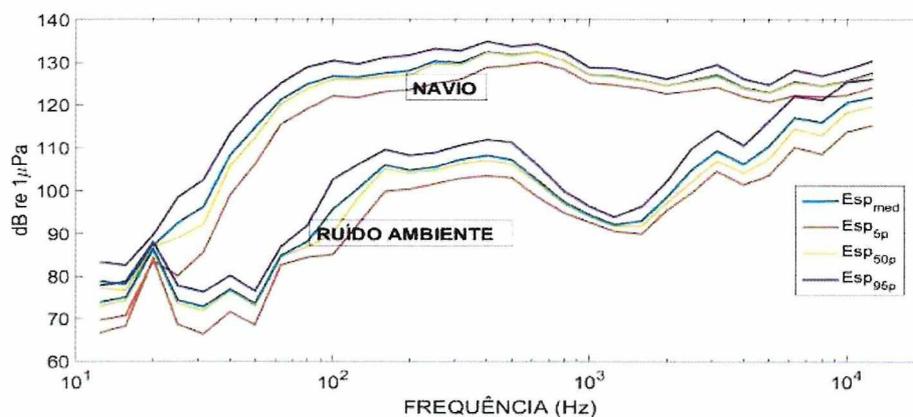


Figura F.4.4-2: Espectros do ruído recebido por um OS antes e durante a passagem de uma embarcação.

#### F.4.4.1 PROCESSAMENTO DO RUIDO IRRADIADO

Quando o ruído recebido na face do hidrofone durante a passagem da embarcação for mais que 10 dB acima do ruído sem a presença da embarcação, o trecho correspondente a esta passagem será arquivado para a obtenção do nível da fonte (SL) desta embarcação e para uma análise mais detalhada. Esta análise envolve a busca da correspondência desta passagem com informações disponíveis a partir do AIS, obtendo-se:

- Identificação da embarcação;
- Distância da embarcação no trecho analisado;
- Rumo e velocidade da embarcação no trecho analisado.

Caso seja possível obter estas informações no AIS, deve-se avaliar se o movimento da embarcação durante a passagem pelo hidrofone é estável, sem mudanças significativas de rumo e velocidade. Para as embarcações que atendam este requisito, os seguintes parâmetros serão armazenados na base de dados do PMPAS:

- Identificação da embarcação;
- Espectro de 1/3 de oitava representando o SL calculado;
- Trechos do espectro de 1/3 de oitava com informação de SL válida;

- Data e hora do ponto usado para a obtenção do SL;
- Distância da embarcação ao hidrofone no ponto de maior aproximação (PMA) ou no ponto que será usado para a obtenção do nível da fonte (SL) da embarcação;
- Rumo e velocidade da embarcação no trecho analisado;
- Nome do arquivo com o trecho do sinal acústico;
- Data e hora do início do sinal no arquivo;
- Duração do arquivo.

#### **F.4.5 DETECÇÃO DE VOCALIZAÇÃO DE ANIMAIS MARINHOS**

Os sinais acústicos são analisados usando-se detectores para a busca de sinais de origem biológica, usando-se duas escalas de frequências diferentes. Os parâmetros de duração e frequência usados em cada configuração dos detectores foram escolhidos baseados na literatura como em Bittencourt *et al.*, (2017) sobre sons digitais da fauna marinha. Usou-se detectores com espectrogramas de 512 pontos, com janela de Hanning e sobreposição de 50% para a busca de sinais tonais e de sons pulsados acima de 2 kHz, que representam as frequências e durações típicas dos sinais produzidos pelos delphinídeos.

A seguir, as gravações foram decimadas para a frequência de amostragem de 6 kHz, de forma que se pudesse buscar por sons produzidos por baleias e peixes. Para estes detectores, foram usados espectrogramas com 512 pontos, com janela de Hanning e sobreposição de 75%. A relação sinal ruído mínima para a detecção foi de 5dB para todos os detectores. A Tabela F.4.5-1 mostra os parâmetros para uso nos detectores. Após a consolidação da metodologia a ser usada para a detecção, serão desenvolvidos programas específicos que possam agilizar o processo.



Tabela F.4.5-1: Parâmetros dos detectores usados para a pesquisa por sinais biológicos.

Detector	Parâmetros	Limite de frequência do espectrograma	Tipos de sons
Det1	Frequência mínima:	8 kHz	Assobios e sons pulsados
	Frequência máxima:	22 kHz	
	Duração mínima:	60 ms	
	Duração máxima:	900 ms	
	Separação mínima:	50 ms	
Det2	Frequência mínima:	2 kHz	Assobios e sons pulsados
	Frequência máxima:	7 kHz	
	Duração mínima:	60 ms	
	Duração máxima:	900 ms	
	Separação mínima:	50 ms	
Det3	Frequência mínima:	15 kHz	Cliques de ecolocalização
	Frequência máxima:	24 kHz	
	Duração mínima:	5 ms	
	Duração máxima:	10 ms	
	Separação mínima:	10 ms	
Det4	Frequência mínima:	50 Hz	Tons e sons pulsados
	Frequência máxima:	300 Hz	
	Duração mínima:	200 ms	
	Duração máxima:	600 ms	
	Separação mínima:	300 ms	
Det5	Frequência mínima:	300 Hz	Tons e sons pulsados
	Frequência máxima:	800 Hz	
	Duração mínima:	100 ms	
	Duração máxima:	600 ms	
	Separação mínima:	100 ms	

Para os trechos com detecções, os seguintes parâmetros serão armazenados na base de dados do PMPAS:

- Data e hora da detecção;
- Detectores responsáveis pela detecção;
- Tipo de sinal detectado;
- Nome do arquivo com trecho do sinal detectado;
- Data e hora do início do sinal no arquivo;
- Duração do sinal no arquivo.

Os trechos com detecção serão recortados e colocados à disposição da equipe do Projeto de Monitoramento de Cetáceos.

