

Configuração PAMGUARD – Módulos utilizados

Os módulos utilizados durante o presente projeto foram:

- *Array manager*: Inseridos os dados de distâncias referentes a ambos os cabos MAP utilizados e profundidade dos mesmos. Sendo eles: distância do início dos arranjos com referência ao GPS do navio, distância entre os elementos dentro de cada arranjo. Também eram inseridos os dados de sensibilidade dos hidrofones e ganho do pré-amplificador. A relação entre hidrofones e canais (CH) do *PAMGuard* igualmente era feita neste módulo.

A profundidade dos arranjos de MAP e a distância do início dos arranjos de hidrofones, com referência à antena de GPS do navio, variaram conforme explicado no item II.2.2.2.2 – Condições de lançamento do cabo de MAP, e foram ajustadas nesta aba a cada variação. A distância entre os hidrofones (H) dentro de cada arranjo com referência ao início do arranjo era 0 m para H0; -3 m para H1; -100 m para H2 e -103 m para H3 (Fig. 21). Sendo H0 o primeiro e H3 o último elemento do arranjo. A sensibilidade (-168 dB re 1V/ μ Pa) e pré-amplificação (10dB) dos hidrofones era idêntica entre elementos. Com relação aos canais assinalados para cada hidrofone, para a placa de aquisição *Asio Sound Card*, o H0 foi configurado como CH0, H1 como CH1, H2 como CH2 e H3 como CH3. Já para a placa de aquisição *National Instruments* o CH0 referia-se ao H2 e o CH1 ao H3.

- *NMEA data collection e GPS Processing*: os dados de GPS são exportados desde suas antenas no formato *National Marine Electronics Association* (NMEA). Através da adição destes módulos os dados do GPS do navio eram recebidos através de uma porta serial e podiam ser lidos desde o computador utilizado para o MAP. Com relação à configuração do *Main Nav' data string*, foi selecionado o *GGA String* e adicionado as iniciais "IN". Nas configurações do *GPS processing* também são inseridas as informações de distâncias do navio com relação à antena de GPS. Neste caso para o *Oceanic Champion* a distância entre a antena e a proa (A) é equivalente a 31m, entre antena e popa (B) é de 74.8m, entre antena e bombordo (C) é de 12m e entre antena e boreste (D), também é de 12m.

- *Map display*: o propósito do mapa é prover informações gráficas sobre as detecções e localizações. Com a utilização do *map display* também era possível carregar as isóbatas da área de pesquisa, além da área de pesquisa licenciada pelo IBAMA. A plotagem da área licenciada no mapa permitia que a equipe MAP acompanhasse se as condicionantes sobre área da licença estavam sendo corretamente cumpridas. No mapa também eram plotadas as áreas de segurança e sobreaviso ao redor do centro das fontes através do *Airgun display parameters*. Neste caso as distâncias entre o centro das fontes sonoras e a antena do GPS foram de **592m, 612m e 622m** ao longo do projeto. Este mesmo display também estava configurado para mostrar as direções de todos os sons tonais reconhecidos e sinais impulsivos selecionados dentro do detector automático.
- *Database*: através desse módulo é possível armazenar dados de muitos módulos em uma base de dados. A base de dados não somente armazena as saídas dos detectores, mas também as configurações utilizadas de modo que os dados sejam reunidos em um único documento ao final da pesquisa, detalhando como o programa estava configurado e o que foi detectado. Os módulos que tinham seus dados armazenados no *Database* eram:
 - ✓ *Streamer data*
 - ✓ *Hydrophone data*
 - ✓ *GPS data*
 - ✓ *Map comments*
 - ✓ *Hydrophone depth data*
 - ✓ *Sound acquisition MF*
 - ✓ *Sound acquisition HF*
 - ✓ *Recordings MF*
 - ✓ *Recordings HF*
 - ✓ *Seismic Veto*
 - ✓ *Tracked click localizations*
 - ✓ *Localized tones and whistles*

- *Binary Storage*: Considerando que o *Database* não é capaz de armazenar alguns tipos de dados, particularmente aqueles relacionados com estalidos ou assovios - os quais tem duração variável, o *binary storage* pode armazenar as saídas do *PamGuard* em um formato simples e eficiente, capaz de lidar com qualquer tipo de dado. No entanto, os dados não são tão facilmente visualizados como no *Database*, sendo necessário o uso de *softwares* que utilizam linguagem de programação (e.g., Matlab®). Neste módulo eram armazenados:

- ✓ *Clicks*
- ✓ *Click detector HF_Clicks*
- ✓ *Whistle and Moan Detector Connected Regions*

- *Hydrophone Depth readout*: O sensor localiza-se no final do cabo MAP. As configurações utilizadas eram: *range* (-2,5 até +2,5 Volts); *cable pos* (-354.1m) e *calibration voltage* na superfície ($Voltage = 62,380 \text{ offset}$). O sensor de profundidade era calibrado sempre que ocorria alguma alteração nas condições de lançamento do cabo MAP.

- *Sound Acquisition*: este módulo é utilizado para fazer a aquisição dos dados acústicos. Nele se configuram a placa de digitalização utilizada, a taxa de amostragem, o número de canais amostrados e também a calibração da placa (*peak-to-peak voltage range*, *preamplifier gain* e *bandwidth*). No caso do presente projeto, foram adicionados dois módulos de *sound acquisition*, um para analisar frequências até 48 kHz (*sound acquisition MF*) e outro para analisar sons com frequências até 175 kHz (*sound acquisition HF*). Para o *sound acquisition MF* foi utilizado o *ASIO Sound Card (Fireface 800)*, com uma taxa de amostragem de 96 kHz e quatro canais. Para o *sound acquisition HF* foi utilizada a placa de aquisição de áudio *National Instruments DAQ cards*, com taxa de amostragem de 350 kHz e dois canais. Neste módulo também é possível designar qual canal será equivalente a qual hidrofone. Para o *sound acquisition HF* o módulo foi configurado para captar os sinais recebidos pelo par de hidrofones localizados no final do arranjo, ou seja, o CH0 equivalia ao H2 e o CH1 ao H3. A importância de se utilizar dois módulos *sound acquisition* está

relacionada à diminuição do número de canais que podem ser amostrados de acordo com o aumento na taxa de amostragem.

- *Sound Recorder*: é o módulo responsável pela gravação dos dados. Durante este projeto foram adicionados três módulos *sound recorder*, dois para gravar os dados obtidos pelo *sound acquisition MF* e outro para o *sound acquisition HF*. O *sound recorder LF*, vindo do *Sound Acquisition MF* e do módulo *Decimator*, o qual possui a função de reamostrar o sinal a uma taxa de amostragem menor, diminuindo assim o tamanho do arquivo de áudio gerado, foi configurado para analisar frequências até 2 kHz. Quanto à calibração da placa, para *peak-to-peak voltage range*, foi utilizado o valor de 5 V, o *preamplifier gain* foi de 4 dB e *bandwidth* entre 0 e 48 KHz. Os módulos foram configurados para salvar os áudios no formato wav na pasta LPS1172017\Santos VIII\Oceanic Champion\ 2. Registros Acústicos em subpastas de acordo com a data de aquisição. Os nomes dos arquivos automaticamente continham a data no formato AAAAMMDD_HHmmSS_ (A=ano, M=mês, D=dia, H=hora, m=minuto e S=segundo). Para o módulo *sound recorder MF* o prefixo utilizado era LPS1172017_MF, para o *sound recorder HF*, LPS1172017_HF e para o *sound recorder LF*, LPS1172017_LF. Os módulos estavam configurados para gravar com uma resolução de amplitude - *dynamic range* - (*bit depth*) de 24 bits e iniciar um novo arquivo a cada 10 minutos. Os dados foram gravados sem a utilização de nenhum tipo de filtro. Importante: para que o *PAMGuard* possa adquirir os dados do GPS, as configurações de data e hora devem ser a mesma no computador e no GPS. Por esse motivo, o computador utilizado para o MAP estava ajustado para trabalhar em UTC, sendo assim, as datas e horas das gravações estão em UTC.

- *Filters (IIR and FIR) e FFT (Spectrogram) Engine*: Foram adicionados dois filtros através dos módulos *Filters (IIR and FIR)*. Um deles, *Filters (IIR and FIR)*, era utilizado para filtrar a ecosonda a 12 kHz para que esta não acionasse o detector automático de assovios (*Whistle and Moan detector*) gerando falsas detecções e atrapalhando a localização durante detecções verdadeiras. O filtro foi aplicado (*filter data source*) nos quatro canais, diretamente nos dados obtidos do *sound acquisition MF*. O tipo de filtro (*Filter type*) utilizado neste módulo foi *IIR Butterworth*. Este é um tipo de filtro de processamento de

sinais desenvolvido para ter a resposta de frequência mais plana possível dentro da banda de frequência que ele deixa passar (*band pass*). A resposta de filtro (*filter response*) utilizada foi a “para banda” (*band stop*), o qual filtra uma determinada banda de frequência. Sendo o “passa alto” (*high pass*) equivalente a 12700 Hz e o “passa baixo” (*low pass*) equivalente a 11300 Hz, aproximadamente (valores alterados de acordo com o nível de ruído). Para os parâmetros do filtro (*filter parameters*) foi utilizado uma ordem do filtro (*filter order*) equivalente a 8 Hz. Quando se aplica um filtro, é feita uma atenuação da entrada do sinal na frequência de “corta-fora” (*cutoff*) pela metade ou 3 dB. A ordem do filtro determina o quanto de atenuação adicional será aplicado nas frequências de “corta-fora” (*cutoff*).

O outro módulo adicionado foi *Filters (IIR and FIR) 2* com o objetivo de permitir ao operador uma amplificação das frequências mais baixas, de forma a endereçar as ocasiões em que haja suspeita de som de misticeto. Este também foi aplicado nos quatro canais e nos dados obtidos do módulo *sound acquisition MF*. No entanto, a resposta de filtro aplicado foi o “passa baixo” (*low pass*) para frequências de 1500Hz e o parâmetro utilizado para o filtro foi uma ordem do filtro de 6 Hz. Este filtro será revisto quando for discutido o módulo *sound output*.

- Módulo *FFT (Spectrogram) Engine*: utiliza uma função matemática conhecida como transformação rápida de fourier (*fast fourier transform*) que converte o sinal desde o domínio do tempo (amplitude x tempo), que é a representação diretamente produzida pela maioria dos equipamentos, para o domínio da frequência ou espectro (amplitude x frequência), possibilitando assim a geração de um espectrograma. Assim como para o módulo *sound acquisition*, foram adicionados dois *FFT (spectrogram) Engine*, um para gerar um espectrograma com capacidade de analisar frequências até 48 kHz [*FFT (spectrogram) Engine MF*], e outro para frequências até 175 kHz [*FFT (spectrogram) Engine HF*].

Os dados utilizados (*Raw data source for FFT*) para o *FFT (spectrogram) Engine MF* foram adquiridos de quatro canais a partir dos dados filtrados pelo módulo *Filters (IIR and FIR)*. Os parâmetros utilizados no *FFT* foram: *FFT length* (1024), *FFT Hop* (512) *Default* 50%, *Window* (*Hann*). Resultando em uma resolução de frequência (*frequency resolution*) de 93,75 Hz,

resolução do tempo (*time resolution*) de 10,67 ms e um *time step size* de 5,33 ms. Não foi selecionado nenhum item nas abas *Click Removal* ou *Spectral Noise Removal*.

Os dados utilizados (*Raw data source for FFT*) para o *FFT (spectrogram) Engine HF* foram adquiridos de dois canais a partir do *Raw input data from sound acquisition HF*. Os parâmetros utilizados no *FFT* foram: *FFT length* (2048), *FFT Hop* (1024) *Default* 50%, *Window* (*Hann*). Resultando em uma resolução de frequência (*frequency resolution*) de 170.90 Hz, resolução do tempo (*time resolution*) de 5.85 ms e um *time step size* de 2.93 ms. Não foi selecionado nenhum item nas abas *Click Removal* ou *Spectral Noise Removal*.

- Parâmetros aba *Noise Removal: Median Filter: Median filter* é um filtro digital utilizado para remover o ruído do sinal, tipicamente utilizado durante o pré-processamento. É particularmente efetivo para diminuir ruídos do tipo impulsivos. O funcionamento deste filtro baseia-se em calcular a mediana dentro de cada fatia do espectrograma e subtraí-lo de cada ponto de entrada. *Average Subtraction*: é computado a média decrescente do espectrograma e depois subtraído este do espectrograma atual. *Gaussian Kernel Smoothing*: Esta é a técnica mais comum de suavização de imagens e auxilia na redução de ruídos indesejados. *Run Thresholding*: É aplicado um limiar mínimo e qualquer dado (sinal acústico) que se encontre abaixo desse é anulado e não aparece no espectrograma.

- *Click detector*: este módulo é utilizado para detectar automaticamente os estalidos de odontocetos (sons impulsivos). Foram adicionados dois detectores de cliques, *Click detector MF* e *Click detector HF*, a fim de abranger as diferentes frequências alcançadas por este tipo de sinal, sem sobrecarregar o sistema ou “poluir” os *displays*, o que dificultaria o reconhecimento do sinal por parte do operador. Para ambos os detectores os *displays* adicionados foram: Dois *Bearing Time Display* (BTD), um com a direção do estalido no eixo vertical e o outro com a amplitude do estalido no eixo vertical (Fig. 30), *Click waveform display* (CWD), *Click spectrum* (CS), *Trigger* e *Wigner Plot* (WP). Os BTD são a ferramenta primária para visualizar os estalidos no detector de cliques e também plotar no mapa a direção e em alguns casos, a posição da fonte emissora, no caso de odontocetos. No BTD com direção no eixo vertical, em alguns casos, é possível visualizar a direção de sequências ou trens de estalidos com relação aos hidrofones. No BTD com amplitude no eixo vertical é

possível visualizar a amplitude de cada estalido individualmente. Quando um estalido é selecionado em qualquer uma dessas interfaces gráficas o formato da onda nos diferentes canais amostrados é representado no CWD, assim como o(s) pico(s) de frequência é (são) mostrado(s) no CS e a duração do pulso no WP. Esses três parâmetros também são úteis para diferenciar sons biogênicos dentro do ruído.

Quanto à configuração do *Click detector MF*, os dados eram obtidos desde o *sound acquisition MF* e os quatro canais eram selecionados. Com relação ao agrupamento dos canais (*user groups*), os canais CH0 e CH1, eram assinalados para pertencerem ao grupo zero e os canais CH2 e CH3 eram assinalados para o grupo um. Na aba *trigger* o *threshold* variou entre 9 dB e 15 dB, dependendo do ruído ambiente (acompanhado pela interface gráfica *trigger*). Os demais parâmetros desta aba foram mantidos o padrão: *Long filter* (0,00001), *Long filter 2* (0,000001) e *short filter* (0,1). Dentro da aba *Click length* as configurações utilizadas foram mantidas no padrão: *Min Click Separation* (192 samples), *Max click Length* (1024 samples), *Pre and Post samples* (100). Nas abas *Delays*, *Echoes* nenhuma opção foi assinalada, e na aba *Noise*, a opção “create sample noise measurements” foi selecionada e configurada para 5.0 s. Na configuração do *Digital pre filter*, o filtro utilizado foi o IIR Butherworth, configurado com passa alta (*high pass*) para frequências acima de 10000 Hz. Quanto ao *filter parameters* utilizou-se um *filter order* equivalente a seis. Com relação ao *Digital trigger filter* o filtro utilizado foi o IIR Butherworth, configurado com passa banda (*band pass*) para frequências entre de 16000Hz e 48000Hz. Quanto ao *filter parameters* utilizou-se um *filter order* equivalente a 10Hz.

Quanto à configuração do *Click detector HF*, os dados eram obtidos desde o *sound acquisition HF*. Os canais utilizados eram o CH2 e CH3, por serem os que detectavam o maior número de animais, provavelmente por estarem mais fundos. Utilizava-se a configuração *one group* e referenciavam-se ambos os canais para pertencerem ao mesmo grupo. Na aba *trigger* o *threshold* variou entre 7 dB e 15 dB, dependendo do ruído ambiente (acompanhado pela interface gráfica *trigger*) e para os demais parâmetros desta aba foram mantidos o padrão: *Long filter* (0,00001), *Long filter 2* (0,000001) e *short filter* (0,1). Dentro da aba *Click length* as configurações utilizadas foram: *Min Click Separation* (700 samples),

Max click *Length* (2048 samples), *Pre and Post samples* (100). Nas abas *Delays*, *Echoes* e *Noise*, nenhuma opção foi assinalada.

Na configuração do *digital pre filter*, o filtro utilizado foi o *IIR Butherworth*, configurado com passa alta (*high pass*) para frequências acima de 1000Hz. Quanto ao *filter parameters* utilizou-se um *filter order* equivalente a 6Hz. Com relação ao *Digital trigger filter* o filtro utilizado foi o *IIR Butherworth*, configurado com passa banda (*band pass*) para frequências entre de 30000Hz e 175000Hz. Quanto ao *filter parameters* utilizou-se um *filter order* equivalente a 6Hz.

- *Min Click Separation*: é o parâmetro utilizado para definir o número de amostras necessárias para separar um estalido do outro. Um estalido apenas é finalizado quando todos os canais selecionados permanecem abaixo do limiar pelo número de amostras determinadas aqui.
- *Max click Length*: é o número máximo de amostras que será considerada como um estalido. *Pre e Post samples*. É o número de amostras extras adicionadas antes da primeira amostra e depois da última estarem acima do limiar.
- *Pre filter*: é utilizado para filtrar os dados ainda não tratados, ou seja, aqueles que são obtidos através do módulo *sound acquisition*. Já o *Digital trigger filter* é apenas utilizado pelo algoritmo que detecta os estalidos, ou seja, está relacionado com a banda de frequência que será utilizada para detectar os estalidos.
- *Seismic Veto*: este módulo detecta os pulsos das fontes de ar comprimido, e quando associado a outros módulos proporciona um maior conforto ao operador, pois substitui os disparos por silêncio. Além disso, o disparo dos canhões acionam os detectores automáticos, plotando falsas detecções no mapa o que dificulta a correta localização no caso de uma detecção verdadeira. A associação deste módulo aos detectores elimina o problema. Durante o presente projeto, o módulo *seismic veto* foi aplicado nos quatro canais dos dados obtidos através do *FFT (Spectrogram) Engine MF*. Na configuração *Veto Trigger* utilizou-se um limiar (*trigger threshold*) de 15dB, o *Background smoothing constant* de 2.0s, um limite inferior de frequência (*low frequency*) de 10Hz e um limite superior (*High frequency*) de 1000Hz. Com relação às ações tomadas (*Veto actions*) utilizou-se um tempo

de 0,2s para *Veto time before trigger* e 0,3s para *Veto time after trigger* e seleccionou-se *Fill FFT data with zeros* e *Fill waveform data with zeros*.

- *Whistle and Moan detector*: este módulo é utilizado para detectar qualquer som tonal, incluindo aqueles emitidos por odontocetos e mysticetos. A fonte de dados utilizada para detectar assovios automaticamente foi o ***FFT (Spectrogram) Engine Noise free FFT data***, onde os quatro canais foram seleccionados, os quais foram separados em dois grupos (CH0 e CH1=*group* 0; CH2 e CH3=*group* 1). Com relação às conexões foi usada uma frequência mínima de **1000Hz** e uma frequência máxima de **48000Hz**, o tipo de conexão utilizado variou entre *connect 4* (apenas os lados) e *connect 8* (lados e diagonais). O comprimento mínimo (*minimum length*) variou entre 20 e 32 *time slices*, e o tamanho mínimo total (*minimum total size*) variou entre 18 e 32 *pixels*; para o parâmetro *crossing and joining* foi utilizado *Re-link across joins* e um *max Cross length* de 5 *time slices*.
- *Sound output*: módulo utilizado para reproduzir os sons captados. Este módulo estava configurado para reproduzir sons desde os módulos *seismic veto*, *filters (IIR and FIR)2* ou *sound acquisition MF*, mas usualmente utilizava-se o *vetoed Audio data* para conforto auditivo do(a) operador(a). Caso o(a) operador(a) suspeitasse estar escutando um som de baixa frequência (*e.g.*, sons tonais de mysticetos), alterava-se a entrada do módulo para o módulo *filters (IIR and FIR) 2*.