

9.11 – PROJETO DE MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO - PMAP

9.11.1. Justificativa

Monitorização visual tem sido o principal método de detecção de mamíferos marinhos durante as operações de petróleo e gás durante muitos anos. No entanto, a eficácia de detecção visual é reduzida, quando os animais não estão na superfície e durante períodos de baixa visibilidade.

O Monitoramento acústico passivo (MAP) oferece uma oportunidade para detectar e indicar a localização das vocalizações de mamíferos marinhos em relação a um arranjo de hidrofones rebocados por um navio em movimento. Vocalizações das espécies de mamíferos marinhos podem ser identificadas pelas características específicas dos cliques e assobios detectados. Embora a detecção automática e o reconhecimento de espécies estejam disponíveis, operadores experientes e especializados são necessários para maximizar a eficiência na detecção/identificação e minimizar a probabilidade de falsas detecções (HEDGELAND *et al.*, 2010).

O MAP está se tornando uma ferramenta cada vez mais importante para o monitoramento durante os estudos populacionais de mamíferos marinhos. Quando usado como uma ferramenta de monitoramento em conjunto com outras medidas de mitigação, o MAP fornece potencial para reduzir o risco de impactos de atividades humanas sobre os mamíferos marinhos.

9.11.2. Objetivos do Projeto

Objetivo Geral

O MAP será utilizado como um meio adicional de monitoramento de mamíferos marinhos ao método convencional de monitoramento visual, a fim de reduzir o risco dos impactos acústicos em populações de mamíferos marinhos que estarão presentes na área da pesquisa sísmica.

Objetivos Específicos

1. Proporcionar uma melhor ferramenta disponível para a realização do monitoramento e mitigação de mamíferos marinhos durante a noite ou más condições de visibilidade.
2. Avaliar a eficácia do método de monitoramento acústico durante pesquisas sísmicas.
3. Comparar os dados de observação visual e de detecção acústica e avaliar a eficácia combinada do monitoramento acústico e do monitoramento visual convencional.
4. Identificar os padrões de vocalização das espécies que ocorrem em águas brasileiras;
5. Avaliar se a metodologia do monitorização acústico passivo permite determinar a posição e a distância em relação ao arranjo dos canhões de ar.

9.11.3. Metas

Maximizar os mecanismos de mitigação dos impactos acústicos nas populações de mamíferos marinhos.

9.11.4. Indicadores

1. Número de observações visuais e detecções acústicas;
2. Evidência de detecção acústica por espectograma ou gravação;
3. Localização dos mamíferos marinhos detectados pelo monitoramento passivo (Print screen da tela).

9.11.5. Público-Alvo

Este Projeto tem como público-alvo a CGPEG/DILIC/IBAMA, o Centro de Mamíferos Aquáticos – CMA, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, gestores de Unidades de Conservação, ONG's, pesquisadores de mamíferos marinhos e a indústria de petróleo.

Os resultados obtidos poderão ser publicados nos meios acadêmico e científico e apresentados nos relatórios e documentos técnicos, com a intenção de minimizar as lacunas existentes no conhecimento técnico-científico relacionado aos efeitos da exploração sísmica na biota marinha.

9.11.6. Metodologia e Descrição do Projeto

O sistema MAP será fornecido pela empresa CSA Ciências Oceânicas Ltda e será projetado para fornecer uma abordagem flexível do monitoramento acústico de mamíferos marinhos usando um sistema de hidrofones rebocados.

O sistema é composto por um arranjo de hidrofone e conexão com uma unidade de processamento eletrônico e um laptop/software para fazer interface com o usuário.

A unidade de processamento eletrônico contém uma unidade de armazenamento temporário (composto de fontes de alimentação, placas de armazenamento, cartão National Instruments para o sinal de alta frequência e usb1208 para profundidade) e uma unidade de amplificador para sinal de baixa frequência.

A unidade de saída de áudio compreende um misturador, um processador de sinal e um filtro que é usado para processar sinais de hidrofones para o operador por meio de fones de ouvido e um laptop exibindo dados pre-carregados do software do MAP. Espécies de mamíferos marinhos podem ser identificadas pelas características específicas das vocalizações detectadas.

O sistema utiliza o software PAMGuard¹, que pode ser operado conjuntamente com ferramentas adicionais do software do sistema MAP, tais como 'Rainbow click' e 'Ishmael'. A resposta sobre o desempenho geral será fornecido para o suporte de recursos da PAMGuard baseado na Unidade de Pesquisas de Mamíferos Marítimos (*Sea Mammal Research Unit - SMRU*) no Reino Unido.

O Arranjo dos Hidrofones será composto por 4 hidrofones e 4 pré-amplificadores, e um sensor de profundidade. Os dois primeiros hidrofones são elementos esféricos com resposta em banda larga, incluindo baixas frequência (0.2 - 200 kHz, -3 dB), e os dois últimos também serão elementos esféricos com frequência de resposta (2 – 200 kHz). Os hidrofones estão montados em um cabo eletromecânico de 250 metros de comprimento por 14 mm de diâmetro. A sensibilidade do canal de banda larga (na saída de cada pré-amplificador) é de -166 dB re: 1V/μPa. O espaçamento entre os dois primeiros hidrofones é de 2 metros, enquanto que o espaçamento entre os dois últimos hidrofones é de 0,25 metros. O espaçamento entre os dois pares de hidrofones é de 13 metros. Um cabo de poliéster (corda) ou material similar será amarrado ao final do cabo eletromecânico para que o arranjo inteiro seja rebocado totalmente na posição horizontal (Figura 9.11.6).

¹ PAMGuard é um software em esforço de desenvolvimento que é atualmente mantido pela OGP E&P Sound and Marine Life JIP. PAMGuard fornece uma interface padronizada ao usuário para um sistema MAP mar (www.pamguard.org)

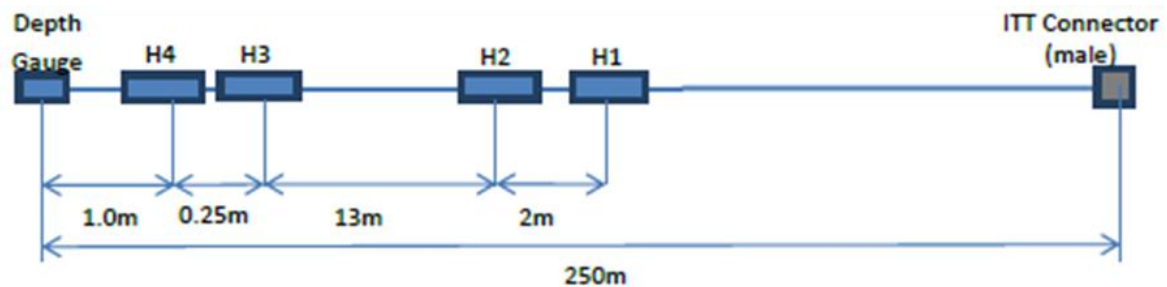


Figura 9.11.6 - Arranjo de hidrofones

Há dois tipos de lançamento que serão considerados para este projeto. O primeiro tipo de lançamento, chamado de Conexão Permanente ao Cabo Guia, consiste em atrelar o cabo dos hidrofones do MAP ao cabo guia utilizando acopladores e fita adesiva à prova d'água em intervalos de 2 metros. Uma vez lançado, o cabo dos hidrofones fica inacessível sem puxar na extremidade dianteira. Por esta razão, dois cabos com hidrofones são normalmente utilizados no início do estudo. Inicialmente, o cabo guia é totalmente lançado. A posição é marcada na popa e, em seguida, recolhido em 200 metros. O cabo dos hidrofones é acoplado e lançado gradualmente com o cabo guia até o mesmo estar totalmente lançado mais uma vez até sua marca.

O segundo tipo de lançamento é denominado Lançamento por Anel Deslizante, que consiste em um método genérico de lançamento dos cabos dos hidrofones utilizando um anel deslizante em um cabo guia como ponto de reboque. A extremidade livre do cabo dos hidrofones é rebocada a partir do anel. O cabo entre o anel e a popa da embarcação está suspenso abaixo do cabo guia por meio de cabos curtos de tecido e engates rápidos. Detalhes do equipamento utilizado e metodologia precisa inevitavelmente varia conforme o navio e diferentes configurações de estudo. Embora os dois métodos já tenham sido utilizados a bordo do Ramform Atlas com sucesso, o primeiro método de lançamento será utilizado por ser comprovadamente mais efetivo durante um grande número de estudos em condições de mar adversas.

A faixa de frequência do sistema é de 75Hz a 200kHz e depende da configuração do hidrofone em uso. No entanto, deve notar-se que a faixa de frequência efetiva de “escuta” sob condições operacionais é determinada pela presença e as características do ruído acústico do ambiente relativo às vocalizações dos animais. A experiência da PGS no uso do MAP rebocado a partir do navio sísmico demonstra que a presença do ruído de fundo de baixa frequência reduz a capacidade de detectar as espécies de baleias (Mysticeti).

No entanto, como a Bacia da Foz do Amazonas não é uma área de migração e concentração para a reprodução ou alimentação de baleias, esta limitação está prevista para ser de menor importância. Outras espécies predominantes de mamíferos marinhos esperados na área de pesquisa (por exemplo baleias cachalotes e golfinhos) têm características de vocalização que são facilmente detectados por sistemas PAM (Tabela 9.11.6).

Tabela 9.11.6 - Principais mamíferos marinhos encontrados na região e a suas respectivas faixas de frequências de sensibilidade acústica.

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	TIPO DE SINAL	FAIXA DE FREQUÊNCIA	REFERÊNCIAS
Família Balaenopteridae			Hz	
<i>Balaenoptera musculus</i>	baleia-azul	gemidos	12 – 390	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Balaenoptera physalus</i>	baleia-fin	gemidos	14 – 118	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Balaenoptera borealis</i>	baleia-sei	chamados	21 – 103	Rankin & Barlow, 2007
<i>Balaenoptera edeni</i>	baleia-de-Bryde	gemidos pulsos	70 – 245 100 – 950	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	baleia-minke-comum	Chamados Boing	30 – 395 1000 – 1800	Edds-Walton, 2000 Oswald & Au, 2011
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	baleia-minke-Antártica	chamados	60 – 130	Schevill & Watkins 1972
<i>Megaptera novaeangliae</i>	baleia-jubarte	canto	30 – 8000	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
Família Physeteridae			KHz	
<i>Physeter macrocephalus</i>	cachalote	clicks	0.1 – 30	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
Família Kogia			KHz	
<i>Kogia breviceps</i>	cachalote-pigmeu	clicks	60 – 200	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Kogia sima</i>	cachalote-anão	-	-	-
Família Ziphiidae			KHz	
<i>Ziphius cavirostris</i>	baleia-bicuda-de-Cuvier	<i>chirp</i>	8 – 12	Manghi <i>et al.</i> 1999
<i>Mesoplodon europeus</i>	baleia-bicuda-de-Gervais	assovio	5 – 6.5	Caldwell & Caldwell 1991
Família Delphinidae			KHz	
<i>Sotalia guianensis</i>	boto-cinza	assovio	1.7 – 66	Andrade <i>et al.</i> 2015
<i>Steno bredanensis</i>	golfinho-de-dentes-rugosos	assovio	5 – 32	Lima <i>et al.</i> 2012
<i>Tursiops truncatus</i>	golfinho-nariz-de-garrafa	assovio	0.8 – 24	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Stenella frontalis</i>	golfinho-pintado-do-Atlântico	assovio	5 – 19.8	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Stenella attenuata</i>	golfinho-pintado-pantropical	assovio	3.1 – 21.4	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Stenella longirostris</i>	golfinho-rotador	assovio	1 – 22.5	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Stenella clymene</i>	golfinho-de-clymene	assovio	6.3 – 19.2	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Stenella coeruleoalba</i>	golfinho-listrado	assovio	6.2 – 18.5	Gitter <i>et al.</i> 2008
<i>Delphinus spp</i>	golfinho-comum	assovio	2.5 – 27.9	Caldwell & Caldwell 1968; Ansmann 2005
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Golfinho-de-Fraser	assovio	7.6 – 13.4	Extraído de Richardson <i>et al.</i> 1995
<i>Grampus griseus</i>	golfinho-de-Risso	assovio	3.6 – 22.9	Corkeron & Van Parijs 2001
<i>Peponocephala electra</i>	golfinho-cabeça-de-melão	assovio	0.8 – 23.5	Frankel & Yin 2007
<i>Feresa attenuata</i>	orca-pigméia	-	-	-
<i>Pseudorca crassidens</i>	falsa-orca	assovio	1.2 – 17.8	Nester <i>et al.</i> 2001
<i>Orcinus orca</i>	orca	assovio	2.4 – 18.5	Riesch <i>et al.</i> 2006
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	baleia-piloto-de-peitorais-curtas	assovio	1.3 – 10.3	Oswald <i>et al.</i> 2003

O sistema de MAP escolhido para operar neste projeto possui a resposta de frequência adequada para captar todo o espectro de frequência que abrange o repertório acústico das espécies em questão, mostrando-se assim eficiente para monitorar os cetáceos da região em questão.

Procedimentos do MAP durante a pesquisa sísmica

O MAP será realizado durante todo o período de atividade sísmica, nos períodos noturno e diurno, em complementação ao monitoramento visual. O trabalho de observação conduzido pelos observadores de biota é absolutamente indispensável durante todo o período de visibilidade, conforme previsto na versão do Guia de Monitoramento da Biota Marinha.

A empresa deverá fazer uso do MAP durante os períodos em que não esteja ocorrendo o disparo dos canhões de ar. Objetiva-se identificar os padrões de vocalização das espécies que ocorrem em águas brasileiras, para posteriores análises de eventuais alterações desses padrões, em resposta ao acionamento dos canhões de ar.

A equipe de operadores do MAP será exclusivamente dedicada à operação deste projeto e será formada por três (03) operadores a bordo, dos quais ao menos dois com experiência comprovada, sendo os períodos de descanso e de trabalho estabelecidos de forma a sempre ter um profissional experiente a postos para orientar, dirimir dúvidas ou realizar reparos ou melhorias nos equipamentos de detecção. As qualificações dos operadores, a definição do regime de trabalho e as adaptações à planilha serão apresentadas à CGPEG antes do início da atividade.

Um técnico da empresa responsável ou um operador sênior deve ter conhecimento profundo da tecnologia e experiência anterior em atividades similares na sua aplicação e será responsável pela instalação do sistema e garantir que o sistema está testado e em funcionamento no início da atividade. Os demais operadores receberão treinamentos de capacitação, a fim de fornecer à equipe de operadores MAP um nível básico de conhecimento e compreensão antes do MAP ser implementado a bordo. Os cursos de capacitação tem a finalidade de viabilizar a transferência da tecnologia e a capacitação técnica de brasileiros, para que se forme uma massa crítica capaz de operar e interpretar os dados obtidos pelo MAP.

Os operadores do MAP irão trabalhar em conjunto com a equipe de monitoramento visual (observadores da biota ou “MMO”) seguindo o Guia de Monitoramento da Biota Marinha e o Projeto de Monitoramento Acústico Passivo.

O esforço de detecção acústica deve ocorrer durante 24 horas por dia. Quaisquer interrupções no monitoramento, devido a problemas técnicos ou necessidades operacionais devem ser informadas nas respectivas planilhas de esforço de detecção acústica. Visando minimizar interrupções no esforço de detecção acústica, deverá haver a bordo componentes sobressalentes para todo o sistema de MAP.

Caso os equipamentos apresentem mal funcionamento ou danos: (a) se o problema ocorrer à noite com as fontes sonoras ligadas será permitido somente o término da linha sísmica em andamento. Não será permitida a continuidade da operação sísmica no período noturno até que o sistema seja reparado; (b) será permitida a operações sísmica diurna somente com o monitoramento visual por um prazo máximo de 48 horas corridas a partir da constatação do problema. A partir do fim deste período a atividade sísmica deverá ser suspensa até que se reestabeleça o funcionamento do MAP.

As detecções acústicas deverão ser registradas nas mesmas planilhas utilizadas pelo monitoramento visual, ou em adaptações destas (**Anexo 9.11.6**). Sempre que possível, o registro da vocalização deverá ser inserido no verso da planilha, como um registro visual. Deverá ser assinalado se foi possível o registro visual associado ao registro acústico. Deverá ser entregue também um arquivo digital com cada vocalização detectada.

Os dados obtidos pelo MAP durante operações diurnas deverão ser comparados com aqueles obtidos pelos observadores de biota, de modo a testar e comparar a eficácia dos métodos na detecção de mamíferos marinhos nas proximidades da embarcação.

Os dados obtidos pelo MAP também deverão ser inseridos no SIMMAM, juntamente com os registros visuais, fazendo-se a ressalva se tratar de detecção de vocalização no campo pertinente do sistema.

Um relatório será apresentado ao final da atividade contendo comentários sobre: (i) a eficiência do MAP em identificar as espécies que ocorrem em águas brasileiras; (ii) a capacidade de determinar o posicionamento e a distância em relação ao arranjo dos canhões de ar; (iii) a possibilidade de detecção de animais que eventualmente cessam a vocalização em resposta a impactos acústicos; (iv) os impactos previstos e que foram identificados e (v) o padrão de uso da área de aquisição de dados sísmicos pelas espécies de mamíferos durante o período de acionamento dos canhões de ar.

9.11.7. Inter-Relação com Outros Planos e Projetos

Este Projeto interage com todos os projetos que tem como finalidade identificar, registrar e minimizar os impactos ambientais da atividade sísmica na biota marinha, a saber:

- Projeto de Monitoramento da Biota Marinha - PMBM;
- Projeto de Monitoramento de Praias - PMP;
- Projeto de Monitoramento Aéreo – PMA.

Os resultados deste projeto serão adicionados às informações geradas em outros projetos, contribuindo para uma melhor compreensão dos impactos potenciais da atividade sísmica na fauna marinha.

9.11.8. Atendimento a Requisitos Legais e/ou Outros Requisitos

Este projeto foi desenvolvido para atender ao Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA nº 002/15 (Junho de 2015), para a elaboração de Estudo Ambiental de Sísmica para a atividade de pesquisa sísmica marítima 3D na Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas-fase II (Classe 2).

9.11.9. Etapas de Execução

A implementação deste Projeto será concomitante ao Projeto de Monitoramento da Biota Marinha. O MAP será implementado durante todo o período de atividade sísmica, incluindo o período diurno e noturno, bem como durante os períodos em que não esteja ocorrendo os disparos dos canhões de ar.

9.11.10. Recursos Necessários

Os recursos alocados a este projeto são considerados despesas operacionais de execução dos levantamentos e de responsabilidade da PGS, estando incluídos nos custos da atividade de pesquisa sísmica.

9.11.11. Acompanhamento e Avaliação

A Gerência de Observação das espécies protegidas e monitoramento acústico passivo da Continental Shelf Associates Inc. será responsável pelo acompanhamento remoto do desenvolvimento do MAP.

A equipe da CSA Ciências Oceânicas Ltda. ficará encarregada de acompanhar a execução do projeto, coordenar equipe e elaborar o Relatório Ambiental da operação de MAP a ser entregue a CGPEG.

A CGPEG/IBAMA será notificada do início da implementação do projeto, com antecedência, de modo a permitir o acompanhamento e avaliação por parte do seu corpo técnico.

9.11.12. Responsáveis pela Implementação do Projeto

A disponibilização dos equipamentos será de responsabilidade da CSA Ciências Oceânicas Ltda., com suporte da Seiche Measurements Ltd. e Continental Shelf Associates Inc. A instalação do equipamento também será de responsabilidade da CSA Ciências Oceânicas Ltda., com supervisão técnica da Seiche Measurements Ltd. A operação do sistema PAM será de responsabilidade da CSA Ciências Oceânicas Ltda. com supervisão técnica da Gerência de Observação das espécies protegidas e monitoramento acústico passivo da Continental Shelf Associates Inc.

9.11.13. Referências Bibliográficas

ANDRADE, L. G.; LIMA, I. M. S.; BITTENCOURT, L.; BISI, T. L.; BRITO Jr J. L. and AZEVEDO, A. F. High-frequency whistles of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. **J. Acoustic Soc. Am.** 137, p. EL15-EL19. 2015. 2015

ANSMANN, I. C. **The Whistle Repertoire and Acoustic Behaviour of Short-Beaked Common Dolphins, *Delphinus delphis*, around the British Isles, with Applications for Acoustic Surveying.** M.Sc. Thesis, University of Wales, Bangor. 2005

CALDWELL, D. K. and CALDWELL, D. K. Vocalization of Naive Dolphins in Small Groups. **Science**, New Series 159 (3819): 1121-1123. 1968

CALDWELL, D. K. and CALDWELL, D. K. A note describing sounds recorded from two cetacean species, *Kogia breviceps* and *Mesoplodon europaeus* stranded in northeastern Florida. In: **Marine Mammal Strandings in the United States: Proceedings of the Second Marine Mammal Stranding Workshop**, Miami, Florida, December 3-5 1987. 1991

CORKERON, P. J.; VAN PARIJS, S. M. Vocalizations of eastern Australian Risso's dolphins, *Grampus griseus*. **Canadian Journal of Zoology**, v. 79, p. 160–164. 2001

EDDS-WALTON, P. L. Vocalisations of minke whales *Balaenoptera acutorostrata* in the St. Lawrence Estuary. **Bioacoustics**, 11: 31–50. 2000

FRANKEL, A. S. and YIN, S. **First Description of melon-headed whale (*Peponocephala electra*) vocalizations from the Pacific Ocean**. In: Abstracts, 17th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Cape Town, South Africa, 29 November - 3 December 2007 (A). 2007

GITTER, S. J.; PANIGADA, S.; AIROLDI, S. and THOMAS, J. A. Acoustic repertoire of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) in the Ligurian Sea (Central Mediterranean Sea). In: **Proceedings of the 2nd International Conference on Acoustic Communication by Animals**. Corvallis, Oregon, 12-15 August: 89-90 (A). 2008

HEDGELAND, D.; PIERPOINT, C.; WYATT, R.; RYPDAL, C. and GUBIN, D. An industry perspective of using towed Passive Acoustic Monitoring (PAM) for the detection of marine mammals at sea during seismic surveys. **SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production**, 12-14 April 2010, Rio de Janeiro, Brazil. 2010.

<http://www.seiche.eu.com/cetacean.html> acesso em 22 de abril de 2012.

LIMA, I. M. S.; ANDRADE, L. G.; CARVALHO, R. R.; BRITO Jr J. L. and AZEVEDO, A. F. Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro coast, southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 5, p. 4173-4181. 2012

MANGHI, M.; MONTESI, G.; FOSSATI, C.; PAVAN, G.; PRIANO, M. and TELONI, V. Cuvier's beaked whales in the Ionian Sea: First recordings of their sounds. **European Research on Cetaceans**, 13: 39–42 (A). 1999

NESTER, A. E.; THOMAS, J. A. and ACEVEDO-GUTIERREZ, A. The underwater whistle repertoire of wild false killer whales (*Pseudorca crassidens*). **Journal of the Acoustical Society of America**, 109: 2390 (A). 2001

RANKIN, S. and BARLOW, J. Vocalizations of the sei whale *Balaenoptera borealis* off the Hawaiian islands. **Bioacoustics**, 16: 137–145. 2007

OSWALD, J. N.; BARLOW, J. and NORRIS, T. F. Acoustic identification of nine delphinids species in the eastern tropical Pacific Ocean. **Marine Mammal Science**, 19: 20–37. 2003.

OSWALD, J.; AU, W. W. and DUENNEBIER, F. Minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) boings detected at the Station ALOHA Cabled Observatory. **Journal of the Acoustical Society of America**, 129:3353-3360. 2011

RICHARDSON, W.J.; GREENE, C.R. JR.; MALME, C.I. & THOMSON, D.D. **Marine Mammals and Noise**. Academic Press. 576p. 1995.

RIESCH, R.; FORD, J. K. B. and THOMSEN, F. Stability and group specificity of stereotyped whistles in resident killer whales, *Orcinus orca*, off British Columbia. **Animal Behaviour**, 71:79-91. 2006.

SCHEVILL, W. E. and WATKINS, W. A. Intense low-frequency sounds from an Antarctic minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*. **Breviora**, 388: 1-8. 1972

<http://www.biodiversitylibrary.org/page/3664973#page/179/mode/1up>