

7 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE

A Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima na Bacia de Sergipe/Alagoas está prevista para ser realizada de abril a agosto de 2018. A atividade se caracteriza por deslocamentos constantes (não fixa), temporária e executada em aproximadamente 5 meses, totalmente dentro do polígono licenciado.

A **Área de Pesquisa Sísmica**, onde ocorrerão os disparos da fonte sísmica em potência máxima de operação, totaliza um polígono de 8.499 km² de área, predominantemente acima da profundidade de 1.000 metros. A menor distância da costa é de 33 km em frente a Ponta do Arambipe, na foz do rio São Francisco. As linhas sísmicas e suas manobras serão executadas na direção Noroeste/Sudeste (NO/SE).

A **Área de Manobra**, necessária para manobra do navio sísmico durante a saída de cada linha e retorno à outra linha, onde ocorrerão os disparos da fonte sísmica em potência mínima, teste de canhões ou aumento gradual, se estende ortogonalmente a costa dos Estados de Alagoas e Sergipe, entre os municípios de Jequiá da Praia/AL e Pacatuba/SE. O polígono da atividade possui 15.862 km² de área e está situado a 27 km de distância mínima da Ponta do Arambipe, na foz do rio São Francisco, em águas com profundidades superiores a 500 metros.

Na área de manobra, antes de se iniciar cada linha sísmica, será adotado o procedimento de aumento gradual da intensidade do pulso sísmico (“soft start”), ao ligar e religar os canhões de ar (“air-guns”), além do procedimento alternativo para operação noturna ou baixa visibilidade com a utilização de um único canhão de ar (menor potência) ativo (“single gun”) e eventuais testes de calibração da fonte sísmica (“bubble test e gun test”).

A **Rota de Navegação** corresponde a rota de navegação entre a área da atividade e a base de apoio para os portos de Maceió/AL, Barra dos Coqueiros/SE e Salvador/BA.

A navegação das embarcações será por rota alternativa, se sobrepondo parcialmente à navegação de cabotagem, minimizando a interferência com a navegação de cabotagem e/ou de longo curso, salvo nas áreas de balizamento náutico para acesso às instalações portuárias, onde são apoiadas por pilotos (prática) de cada porto.

A rota de navegação foi sugerida de forma a reduzir a distância, o tempo de navegação e dispêndio de energia de transporte, bem como redução de riscos de acidente nas operações por choque/abalroamento de embarcações e incidência de poluição ambiental por hidrocarbonetos.

O navio sísmico contará com o suporte de uma embarcação de apoio e uma embarcação assistente para operarem durante toda a atividade, com a finalidade de mitigar interferências com outras embarcações que estejam operando na área e evitar acidentes. As atividades de trânsito eventual (uma ou duas vezes por mês) das embarcações transportando suprimentos, resíduos gerados pela atividade e pessoal, entre a área de pesquisa sísmica e os portos estão contidas na área de influência da atividade. Durante a navegação para o porto ou deslocamentos fora da área da atividade, não haverá nenhuma atividade de registro, gravação ou disparos da fonte sísmica.

Durante o deslocamento do navio sísmico para a área da pesquisa sísmica será necessário iniciar o procedimento de lançamento de cabos sismográficos e arranjo sísmico. Ressalta-se que este procedimento será feito em águas profundas e afastadas da costa e não será efetuado nenhum disparo da fonte sísmica.

Os limites da Área de influência da Atividade, ou seja, a abrangência geográfica dos impactos potenciais e efetivos que a Pesquisa Sísmica pode acarretar aos meios físicos, biótico e socioeconômico, foram determinados seguindo as diretrizes do Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA N° 015/2016 de julho de 2016 emitido para a Queiroz Galvão Exploração e Produção S.A., para a elaboração de Estudo Ambiental de Sísmica (EAS) da Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D na Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas - Programa Sergipe/Alagoas Águas Profundas (Classe 2) a ser executada pela PGS no âmbito do Processo IBAMA nº 02001.003912/2016-24.

Os critérios para a definição da Área de Influência da Atividade foram:

- (i) o impacto da emissão sonora sobre o meio biótico;
- (ii) a interferência com as atividades pesqueira e turística;
- (iii) a área onde há restrições à navegação e à realização de outras atividades; e
- (iv) as rotas das embarcações utilizadas durante a atividade até as bases de apoio, incluindo os próprios portos ou terminais.

Os limites da Área de Influência (AI) relativos ao impacto sonoro sobre o meio biótico foram determinados a partir da modelagem de decaimento da energia sonora para o arranjo de canhões de ar a ser utilizado, considerando como critério conservativo os níveis estimados de reação dos grupos mais sensíveis da fauna local aos disparos dos canhões de ar.

Os limites da Área de Influência relativos ao meio socioeconômico foram determinados considerando os municípios onde as comunidades realizam de forma expressiva a atividade de pesca artesanal na área de pesquisa sísmica.

Os municípios de Maceió, Barra de São Miguel, Coruripe e Piaçabuçu, no Estado de Alagoas e Pirambu, Barra dos Coqueiros e Aracaju, no Estado de Sergipe, representam a Área de Influência da Atividade de Pesquisa Sísmica, sobre o Meio Socioeconômico, por apresentarem:

- (i) sobreposição de suas áreas de pesca expandidas generalizadas com o polígono da área de manobras da atividade de pesquisa sísmica; e,
- (ii) sobreposição de suas áreas de pesca expandidas generalizadas com as rotas de navegação para os terminais marítimos de Maceió/AL e Barra dos Coqueiros/SE, onde serão realizadas as atividades de apoio e abastecimento às embarcações envolvidas na atividade.

Se ressalta que os pescadores artesanais desses municípios vivenciam a possibilidade de encontro com quaisquer embarcações (longo curso, cabotagem, turismo náutico e apoio marítimo a atividades de exploração e produção de petróleo) que faça uso dos terminais portuários presentes na região.

7.1. MODELAGEM DE DECAIMENTO DA ENERGIA SONORA

O meio que é impactado diretamente e com maior intensidade pela atividade, é o biológico, pelas interferências que as ondas sonoras produzidas pelos canhões de ar e as configurações de aparatos e equipamentos, utilizados para a coleta de dados, têm na fauna marinha.

Quantificar o decaimento do sinal sonoro, desde a fonte produtora até os possíveis receptores possibilita estabelecer os limites de impacto da atividade de Pesquisa Sísmica sobre a biota associada às áreas costeiras, principalmente sobre os mamíferos marinhos devido à alta acuidade auditiva.

A PGS pretende utilizar no navio sísmico o arranjo de canhões de ar 4135H_070_2500_080 que possui os seguintes parâmetros: volume de 4.135 polegadas cúbicas, posicionamento a 7,0 metros (+/-0,5 m) de profundidade e pressão de disparos de 2500psi. Para fins de caracterização do arranjo e modelagem de decaimento sonoro, apresentamos no **Anexo 2.2** deste EAS a modelagem do arranjo de canhões de ar 4135H_070_2500_080, incluindo: a configuração geométrica do arranjo, os parâmetros de configuração do arranjo, a assinatura da fonte (*far-field*) na vertical (0° ângulo e 0° azimuth) e na horizontal (90° ângulo e 90° azimuth), a máxima amplitude pico-a-pico e os espectros de amplitudes.

Este arranjo é uma das opções de configuração das fontes sísmicas utilizadas pela PGS e se assemelha as condições solicitadas pelo cliente para o levantamento em questão. Todas as assinaturas, análises e gráficos foram gerados com o “Marine Source Modeling” versão 5.3.1 do programa “Nucleus Seismic Analysis”, versão 6.5.7. Uma série de perfis de amplitude foi gerada para avaliar a taxa à qual a pressão ao redor do arranjo decai com a distância. Como os perfis foram gerados em imagem bidimensional, pode-se observar o decaimento da energia sonora no sentido vertical e no sentido horizontal. Estes perfis foram gerados em termos de amplitude pico-a-pico no tempo dominante e em termos de amplitude absoluta máxima na frequência dominante.

Foram gerados vários perfis para examinar o decaimento da pressão na profundidade de 200 metros: um perfil longitudinal (“inline”) estendendo a 200 metros para frente e para trás do arranjo; um perfil vertical transversal (“crossline”) estendendo 200 metros em qualquer lado do arranjo; e um perfil de plano de fundo horizontal (“depth plane”) na profundidade de 200 metros abaixo do arranjo.

No entorno da fonte a amplitude pico-a-pico é de 235dB *re* 1 µPa a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 75dB na distância de 200 metros para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude pico-a-pico de 160dB *re* 1 µPa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 65dB alcançando a amplitude pico-a-pico de 170dB *re* 1 µPa na profundidade de 200 metros.

No entorno da fonte a amplitude absoluta máxima é de 200dB *re* 1 µPa/Hz a 1 metro. Este sinal sonoro decai cerca de 60dB na distância de 200 metros para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude absoluta máxima de 140dB *re* 1 µPa/Hz. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 32dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 168dB *re* 1 µPa na profundidade de 200 metros.

Com a finalidade de verificar a amplitude sonora que alcança o limite da zona de segurança para cetáceos e quelônios na distância de 500 metros da fonte sísmica, foram gerados os mesmos perfis apresentados anteriormente considerando esta distância de 500 metros na modelagem.

No entorno da fonte a amplitude pico-a-pico é de 224dB *re* 1 µPa a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 64dB na distância de 500 metros para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude pico-a-pico de 160dB *re* 1 µPa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 61,5dB, alcançando a amplitude pico-a-pico de 162,5dB *re* 1 µPa na profundidade de 500 metros. Na distância horizontal de 500 metros na superfície do mar, que corresponde a zona de segurança para cetáceos e quelônios, a amplitude pico-a-pico decai 64 dB, o que corresponde a 160dB *re* 1 µPa.

No entorno da fonte a amplitude absoluta máxima é de 200dB *re* 1 μ Pa/Hz a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 60dB na distância de 500m para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude absoluta máxima de 140dB *re* 1 μ Pa/Hz. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 40dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 160dB *re* 1 μ Pa na profundidade de 500m. Na distância horizontal de 500m na superfície do mar, que corresponde a zona de segurança para cetáceos e quelônios, a amplitude absoluta máxima decai 60dB, o que corresponde a 140dB *re* 1 μ Pa.

7.2. FATORES AMBIENTAIS CONSIDERADOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA SOBRE O MEIO BIÓTICO

Uma das maiores preocupações com respeito à poluição sonora, de uns anos para cá, vem sendo a introdução de altos níveis de ruído de origem antrópica no ambiente marinho e os efeitos dele provenientes sobre a biota, principalmente sobre organismos alta acuidade auditiva, tais como os cetáceos (GOULD & FISH, 1998). Acredita-se que o aumento do ruído poderia ocasionar desde o bloqueio das emissões sonoras de comunicação de baleias e golfinhos até danos fisiológicos aos sistemas sensoriais e a órgãos internos. As atividades de pesquisa sísmica marítimas costumam ser identificadas como um perigo potencial.

Todos os mamíferos marinhos podem produzir sons em diversos contextos importantes. Eles usam o som nas interações sociais, bem como para forrageamento, orientação e resposta a predadores. Interferência nestas funções decorrentes dos efeitos do ruído na audição e/ou comportamento tem o potencial de interferir com taxas vitais.

Um grupo de especialistas em pesquisa sobre acústica comportamental, fisiológica e física realizou uma revisão na literatura sobre a audição de mamíferos marinhos e sobre as respostas fisiológicas e comportamentais ao som antropogênico, e propor critérios de exposição para certos efeitos (SOUTHALL *et al.*, 2007).

Duas categorias de efeitos foram consideradas pelos autores: (1) lesão/injúria e (2) perturbação comportamental. Os critérios propostos para o início desses efeitos foram ainda separados de acordo com as capacidades auditivas funcionais de diferentes grupos de mamíferos marinhos, e de acordo com as diferentes categorias de sons antropogênicos.

Espécies de cetáceos e pinípedes foram atribuídas como um dos cinco grupos funcionais auditivos funcionais com base em psicofísica comportamental, audiometria potencial, morfologia auditiva, e (para pinípedes) do meio em que eles ouvem. Cetáceos e pinípedes são separados com base filogenética e diferenças funcionais (REYNOLDS & ROMMEL, 1999 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007). Cada grupo de audição funcional (com base no RICE, 1998 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) são apresentadas na Tabela 7.2.1a.

De um modo geral, os animais não ouvem igualmente bem em todas as frequências dentro da sua faixa auditiva funcional. Ponderação é um método quantitativo da compensação para a frequência de resposta diferencial dos sistemas sensoriais. Funções de frequência de ponderação generalizadas foram obtidas para cada grupo de audição funcional de mamíferos marinhos utilizando princípios humanos de frequência de ponderação-paradigmas, com ajustes para as diferentes faixas de audição dos grupos de mamíferos marinhos diversos.

Alguns estudos apresentam resultados sobre reação comportamental à determinada faixa de frequência e amplitude sonora que possibilita a inferência sobre qual intensidade do som induziria determinado efeito. O impacto físico pode variar de perda auditiva temporária à perda auditiva permanente. Considerando que o pulso sísmico é direcionado para o solo, sua energia máxima será abaixo do arranjo. Para que um efeito físico

ocorra, o animal terá que estar posicionado muito próximo da fonte (dentro de uma faixa de uns dez metros do arranjo). Uma zona que será preferivelmente evitada pelos próprios mamíferos marinhos. O procedimento de aumento gradual da fonte sísmica ("soft start") tem a finalidade de mitigar este efeito. O nível de pressão do som acima de 180 dB re: 1  Pa rms tem sido considerado como critério conservativo de potencial risco de dano auditivo em mamíferos marinhos (MMS, 2004).

Tabela 7.2.1a - Grupos funcionais de audi o para mamíferos marinhos, largura de banda auditiva, g neros representativos de cada grupo e grupos específicos (M) de frequência de pondera o (modificado SOUTHALL et al., 2007).

Grupo funcional da audi�o	Largura de banda auditiva estimada	G�neros representativos (Número de espécies/subespécies)	(M) de frequência de pondera�o ((M) frequency-weightings)
Cetáceos de baixa frequência	7 Hz a 22 kHz	<i>Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera</i> (13 espécies/subespécies)	Mlf (lf: low-frequency cetacean)
Cetáceos de média frequência	150 Hz a 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 esp�cies/subesp�cies)	Mmf (mf: mid-frequency cetaceans)
Cetáceos de alta frequ�ncia	200 Hz a 180 kHz	<i>Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 esp�cies/subesp�cies)	Mhf (hf: high-frequency cetaceans)
Pinnípedes na �gua	75 Hz a 75 kHz	<i>Arctocephalus, Callorhinus, Zalophus, Eumetopias, Neophoca, Phocarcos, Otaria, Erignathus, Phoca, Pusa, Halichoerus, Histriophoca, Pagophilus, Cystophora, Monachus, Mirounga, Leptonychotes, Ommatophoca, Lobodon, Hydrurga, Odobenus</i> (41 espécies/subespécies)	Mpw (pw: pinnipeds in water)
Pinnípedes no ar	75 Hz a 30 kHz		Mpa (pa: pinnipeds in air)

O mascaramento ocorre quando um sinal sonoro de importância ao mamífero marinho (comunica o, eco loca o, importantes sons ambientais) não é detectado por interferência de um intenso ruído sonoro em uma banda de frequência relevante. A Figura 7.2.1a apresenta as bandas de frequência de vocaliza o para diferentes espécies de mamíferos marinhos e a banda de frequência de um t pico arranjo sísmico, destacando a faixa entre 20 e 200 Hz que concentra a energia máxima de um arranjo sísmico (MMS, 2004).

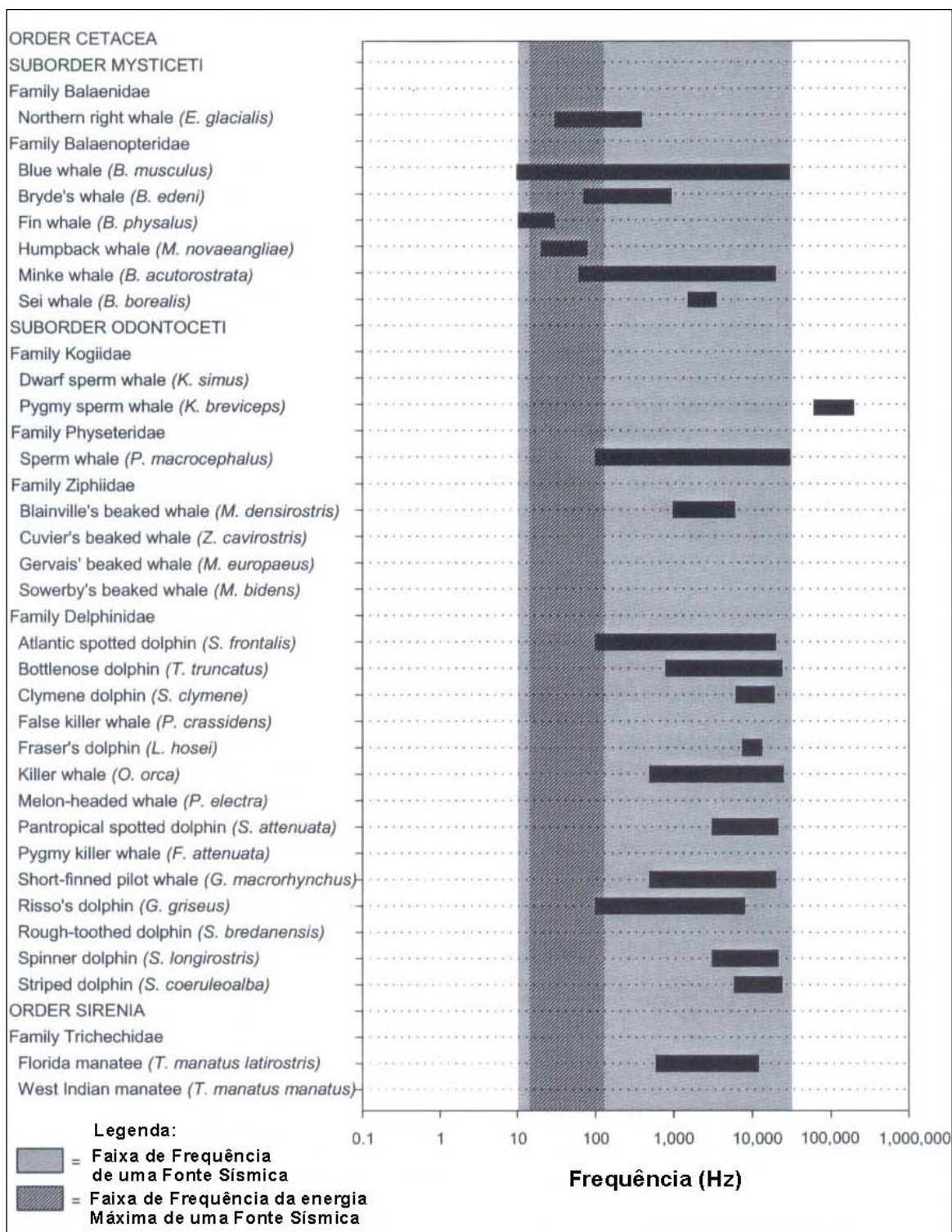


Figura 7.2.1a - Faixa de frequência de vocalização de algumas espécies de cetáceos e faixa de frequência de um arranjo típico, indicando a energia máxima (extraída de MMS, 2004).

Critérios para Lesão: Alteração Permanente dos limiares de audição (PTS: Permanent Threshold Shift) e Alteração Temporária dos limiares de audição (TTS: Temporary Threshold Shift)

A U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) estabeleceu critérios para que a exposição de mamíferos marinhos para pulsos subaquáticos da fonte sísmica não ultrapassasse 190 dB re: 1 μ Pa para pinípedes e 180 dB re: 1 μ Pa para mysticetos e odontocetos. Estes limites de exposição foram propostos como estimativa conservativa de exposição na qual a lesão física não ocorreria.

Critérios para distúrbio comportamental de pulsos sonoro têm sido definido em um valor de SPL de 160 dB re: 1 μ Pa, baseada principalmente nas observações iniciais de que mysticetos reagem a pulsos da fonte sonora (por exemplo, MALME *et al.*, 1984; RICHARDSON *et al.*, 1986 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007). A relevância do critério dos 160 dB re: 1 μ Pa para perturbação de odontocetos e pinnípedes expostos ao pulso sonoro não é bem estabelecida. Embora estes critérios sejam aplicados em várias ações regulamentárias (principalmente nos EUA) por mais de uma década, eles permanecem em discussão e não sendo amplamente aceitos em qualquer lugar.

SOUTHALL *et al.*, 2007 revisaram os critérios de exposição para mysticetos, odontocetos e pinípedes e propuseram novos valores para os limiares de exposição para lesão e perturbação comportamental.

Critérios de exposição ao ruído para lesão auditiva devem ser baseados em exposições empiricamente apresentadas para induzir o **início da alteração permanente dos limiares de audição (PTS-onset)**, no entanto, esses dados não existem atualmente para mamíferos marinhos. Em vez disso, *PTS-onset* deve ser estimado a partir das medidas de **início da alteração temporária dos limiares de audição (TTS-onset)** e da taxa de crescimento do TTS com níveis crescentes de exposição acima do nível de indução do *TTS-onset*. Presume-se que o PTS aconteça se o limiar é reduzido por ≥ 40 dB (ou seja, 40 dB do TTS). SOUTHALL *et al.* (2007) usaram dados de TTS disponíveis para mamíferos marinhos e procedimentos de extrapolação com base nos dados de mamíferos terrestres para estimar exposição associada com *PTS-onset*. Medições existentes TTS para os mamíferos marinhos foram revistos por SOUTHALL *et al.* (2007), uma vez que servem como base quantitativa para os critérios de lesão.

Até o momento, medidas de TTS em mamíferos marinhos têm sido geralmente de pequena magnitude (principalmente <10 dB). O início do TTS foi definido como sendo uma elevação transitória de um limiar de audição em 6 dB (*e.g.*, SCHLUNDT *et al.*, 2000). SOUTHALL *et al.* (2007) consideraram um TTS de 6 dB suficiente para ser reconhecido como um desvio e, portanto, uma definição suficiente de início de TTS.

As exposições sonoras que provocam TTS em cetáceos foram medidas em duas espécies de média frequência - *Delphinapterus leucas* (baleia-beluga) e *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa) - com dados disponíveis limitados para exposições a um único pulso e som não pulsado com duração variando de 1-s a ~ 50 min. Não existem dados publicados TTS para outros cetáceos odontocetos (seja de média ou alta frequência) ou para qualquer cetáceo mysticetos (baixa frequência).

A análise dos audiogramas comportamentais obtidos por experimentação demonstra que *Delphinapterus leucas* (baleia-beluga) e *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa) têm faixas de audição e sensibilidade auditiva equivalente ou até melhores do que muitos mamíferos marinhos, podendo assim, serem considerados representantes de muitos mamíferos marinhos que têm largura de banda auditiva ampla e alta sensibilidade (FINNERAL *et al.*, 2000) (Figura 7.2.1b). Verifica-se que para que o golfinho-nariz-de-garrafa “perceba” um sinal sonoro de frequência menor ou igual a 100 Hz, é necessário que este sinal tenha pelo menos intensidade sonora (amplitude) de 130 dB re: 1 μ Pa.

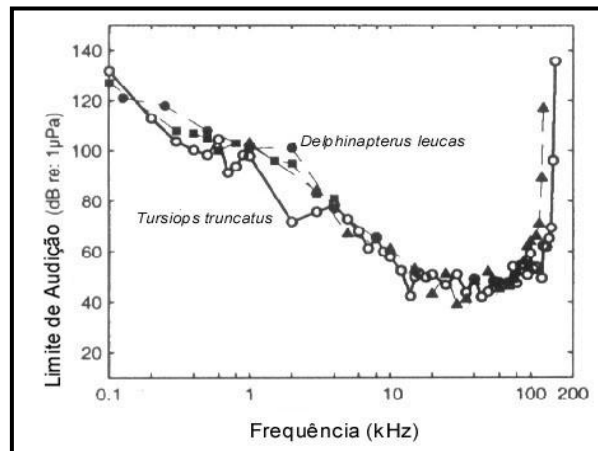


Figura 7.2.1b - Audiogramas comportamentais de *Delphinapterus leucas* e *Tursiops truncatus* (SCHLUNDT *et al.*, 2000).

FINNERAN *et al.* (2000) expuseram dois golfinhos-nariz-de-garrafa e uma baleia-beluga em cativeiro a um experimento de simulação de explos  es submarinas. Os autores utilizaram um arranjo de transdutores piezoelétricos para simular a explos  o de cargas de 5 a 500 kg de HBX-1 de 1,5 a 55,6 km de distância, com 10 níveis de intensidade sonora, isto é, amplitudes de 170 a 221 dB e durações de 5,1 a 9,5 ms. Para tornar os experimentos mais próximos da realidade, foi gerado também um ruído ambiental de 95 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$, com duração de 250 ms e faixa de frequências entre 0,8 e 3 kHz. Nenhuma das condições ambientais gerou um deslocamento de limite de audição temporário (TTS). Os mesmos autores compararam seus resultados com os obtidos por SCHLUNDT *et al.* (2000), AU *et al.* (1999) – ambos com golfinhos – e KASTAK *et al.* (1999), com pinípedes e constr  iram um gráfico, representado na Figura 7.2.1c.

Nenhuma mudança significativa de limiar (ou seja, ≥ 6 dB) foi observada em qualquer um dos indivíduos expostos a um único pulso aos níveis mais altos de exposição recebidos (pico: 70 kPa [10 psi]; pico-a-pico: 221 dB re: 1 μPa (pico-a-pico); SEL: 179 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$).

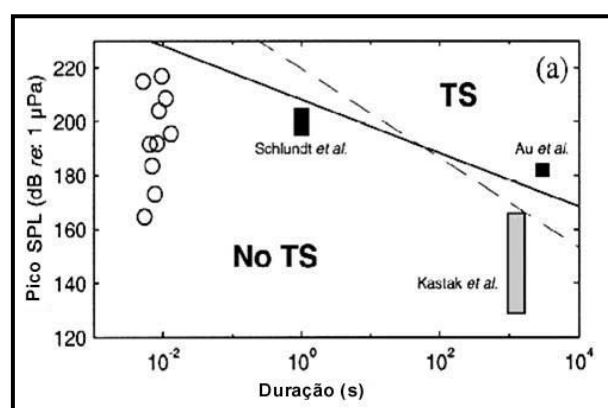


Figura 7.2.1c - Dados de TTS existentes na literatura para mamíferos marinhos. Valores SPL pico *versus* duração do tempo de fadiga. \circ = FINNERAN *et al.* (2000). Linha sólida = indução de perda de 3 dB. Linha tracejada = indução de perda de 5 dB.

FINNERAN *et al.* (2000) concluem que o tempo de exposição ao sinal sonoro é fator preponderante para a indução de TS em golfinhos, pois AU *et al.* (1999) expuseram um golfinho-nariz-de-garrafa a um sinal sonoro de 50 minutos de duração com frequência centrada em 7,5 kHz e amplitude de 190 dB re: 1 μPa , o que

induziu um TTS de 12 a 18 dB. Outra conclusão dos autores é de que o sistema auditivo dos odontocetos (golfinhos) possui ampla faixa dinâmica e alta capacidade de recuperação.

Cetáceos de baixa frequência (mysticete), com base em sua anatomia auditiva (WARTZOK & KETTEN, 1999 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) e níveis de ruído ambiental no intervalo de frequência que eles usam (CLARK & ELLISON, 2004 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007), provavelmente têm menos sensibilidade absoluta (ou seja, limiares mais elevados), em grande parte da sua faixa de audição, do que as espécies de frequência média. SOUTHALL *et al.* (2007) usaram dados de TTS de cetáceos de média frequência como representativos de cetáceos de baixa frequência pressupondo que os dois grupos têm mecanismos auditivos semelhantes e não são significativamente diferentes na sensibilidade em relação à fadiga, e que as diferenças relativas a sensibilidade absoluta entre os dois grupos são geralmente conforme o esperado.

RICHARDSON (1995) apresenta uma representação gráfica (Figura 7.2.1d) das observações de MALME *et al.* (1984) sobre a influência de uma pesquisa sísmica usando “air-guns” nas rotas de migração da baleia-cinza ao longo da costa da Califórnia (EUA). Reações comportamentais (evitação) tem sido observadas em baleia cinza em resposta ao nível do pulso recebido de 164 dB re 1 μ Pa rms (MALME *et al.*, 1984), equivalente ao nível de exposição do sonora de 158 dB re 1 μ Pa (DAVIS *et al.*, 1998 *apud* MMS, 2004). A análise da Figura 7.2.1e revela que as baleias passam em grande número de vezes pela área em que a intensidade sonora está compreendida entre 165 e 170 dB re: 1 μ Pa.

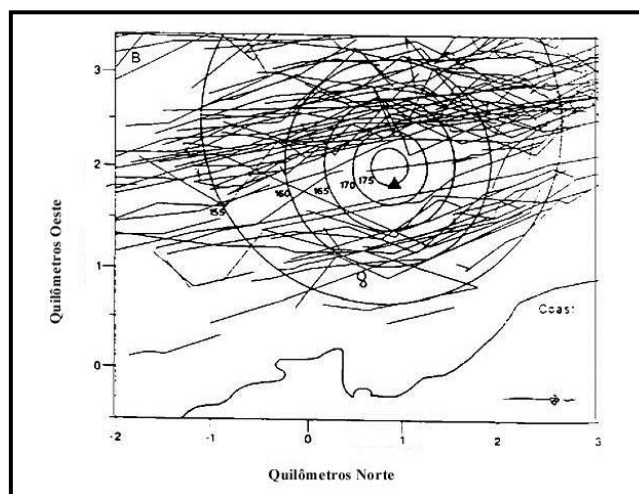


Figura 7.2.1d - Rotas de deslocamento de baleias-cinzas em migração ao longo da costa da Califórnia enquanto ocorria um teste sísmico com “air-guns”. O nível médio da intensidade sonora está indicado tangente aos círculos (MALME *et al.*, 1984).

Os cachalotes têm um estilo de vida diferente dos mysticetos. Os cachalotes mergulham em grandes profundidades e são predadores pelágicos que ecolocalizam em profundidade usando cliques de sonar, se alimentando de cefalópodes de águas profundas e peixes. Limiares auditivos dos cachalotes adultos não foram obtidos, mas é razoável supor, com base em suas vocalizações, que são sensíveis a uma ampla faixa de frequências. Sensibilidade ao som de baixa frequência tem sido reportada para cachalotes por BOWLES *et al.* (1994 *apud* MMS, 2004), onde o som de 57 Hz com níveis de fonte de 209-220 dB re 1 μ Pa pode ter feito com que os cachalotes parassem de vocalizar e/ou deixassem a área. O cachalote é uma espécie altamente vocalizadora em condições naturais (ou seja, eles clicam quase continuamente durante os mergulhos), e a interrupção ou cessação da sua atividade vocal tem sido frequentemente citada como uma reação ao ruído produzido pelo homem.

Para todos os cetáceos expostos a pulsos simples, os **critérios de exposição para reação comportamental** foram baseados nos resultados obtidos por FINNERAN *et al.* (2002 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) para *TTS-onset* em uma beluga exposta a um único pulso. Os valores de pico de pressão sonora não ponderados de 224 dB re: 1 μPa (pico) e os valores de SEL ponderados (Mmf) de 183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ foram recomendados como critérios de perturbação comportamental para cetáceos média frequência. Por extrapolação, os mesmos valores também foram propostas para os cetáceos de baixa e de alta frequência. A única diferença na aplicação destes critérios para os três grupos de cetáceos é a influência das respectivas frequências de ponderação funcionais para critérios de SEL (Mlf and Mhf *versus* Mmf).

Os critérios de exposição para lesão (injúrias ao sistema auditivo) a um único pulso recomendados por SOUTHALL *et al.*, 2007, expressos em termos de pressão de pico, são níveis de *TTS-onset* mais 6 dB de exposição adicional. Em termos de SEL, os critérios recomendados são níveis de *TTS-onset* mais 15 dB de exposição adicional. Para todos os cetáceos expostos a pulsos, os dados de FINNERAN *et al.* (2002 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) foram utilizados como base para estimar as exposições que levaria ao *TTS-onset* (e, conseqüentemente, ao *PTS-onset*). Os autores estimaram que, uma beluga exposta a um único pulso, o *TTS-onset* ocorreu com níveis de pico não ponderado de 224 dB re: 1 μPa (pico) e 183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$. O último é equivalente a uma exposição SEL ponderada (Mmf: Média frequência) de 183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ como parte da energia no pulso de baixa frequência para a qual a beluga é menos sensível. Adicionando 6 dB para o primeiro valor (224 dB), o critério de lesão para pressão é, portanto, de 230 dB re: 1 μPa (pico) (Tabela 8.2.1b, Célula 4). Adicionando 15 dB para o último valor (183 dB), o critério de lesão para SEL M-ponderada é de 198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ (Tabela 7.2.1b, Célula 4). Estes resultados são assumidos para cetáceos de baixa e, talvez, alta frequência (Tabela 7.2.1b, as células 1 e 7, respectivamente), bem como cetáceos de média frequência.

Tabela 7.2.1b - Critérios de Lesão propostos para Mamíferos Marinhos Expostos a Eventos de Ruído Sonoro (exposições únicas ou múltiplas dentro de um período de 24 h) (modificado SOUTHALL *et al.*, 2007).

Grupo de mamífero marinho	Pulso Único	Pulso Múltiplo	Não Pulso
Cetáceos de Baixa Frequência (Mlf)	Célula 1	Célula 2	Célula 3
Nível de Pressão Sonora (SPL)	230 dB re: 1 μPa (pico)	230 dB re: 1 μPa (pico)	230 dB re: 1 μPa (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	215 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Cetáceos de média frequência (Mmf)	Célula 4	Célula 5	Célula 6
Nível de Pressão Sonora (SPL)	230 dB re: 1 μPa (pico)	230 dB re: 1 μPa (pico)	230 dB re: 1 μPa (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	215 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Cetáceos de alta frequência (Mhf)	Célula 7	Célula 8	Célula 9
Nível de Pressão Sonora (SPL)	230 dB re: 1 μPa (pico)	230 dB re: 1 μPa (pico)	230 dB re: 1 μPa (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	215 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Pinnípedes na água (Mpw)	Célula 10	Célula 11	Célula 12
Nível de Pressão Sonora (SPL)	218 dB re: 1 μPa (pico)	218 dB re: 1 μPa (pico)	218 dB re: 1 μPa (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	186 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	186 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	203 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Pinnípedes no ar (Mpa)	Célula 13	Célula 14	Célula 15
Nível de Pressão Sonora (SPL)	149 dB re: 20 μPa (pico)	149 dB re: 20 μPa (pico)	149 dB re: 20 μPa (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	144 dB re: (20 μPa) ² -s	144 dB re: (20 μPa) ² -s	144,5 dB re: (20 μPa) ² -s

Mlf: low-frequency cetaceans; Mmf: mid-frequency cetaceans; Mhf: high-frequency cetaceans; Mpw: pinnipeds in water; Mpa: pinnipeds in air; SPL: Sound Pressure Level; SEL: Sound Exposure Level;

Nota: Todos os critérios para "Nível de Pressão Sonora" baseiam-se na pressão de pico conhecida ou assumida para induzir o início do TTS, mais 6 dB. Critérios para "Nível de Exposição Sonora" são baseadas no SEL induzindo o início do TTS (1) mais 15 dB para qualquer tipo de mamífero marinho exposto a pulsos únicos ou múltiplos, (2) mais 20 dB para cetáceos ou pinípedes na água exposta para não pulso, ou (3) mais 13,5 dB para pinnípedes no ar expostos a não pulso.

A análise do audiograma comportamental do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus latirostris*), obtido por experimentação, revela que este animal tem baixa sensibilidade auditiva a frequências baixas (GERSTEIN *et al.*, 1999), sendo necessário mais de 100 dB re: 1 μ Pa para que um sinal de frequência igual a 400 Hz seja percebido. Frequências menores do que 400 Hz só são percebidas pelo animal com amplitudes entre 100 e 110 dB re: 1 μ Pa, conforme a Figura 7.2.1e.

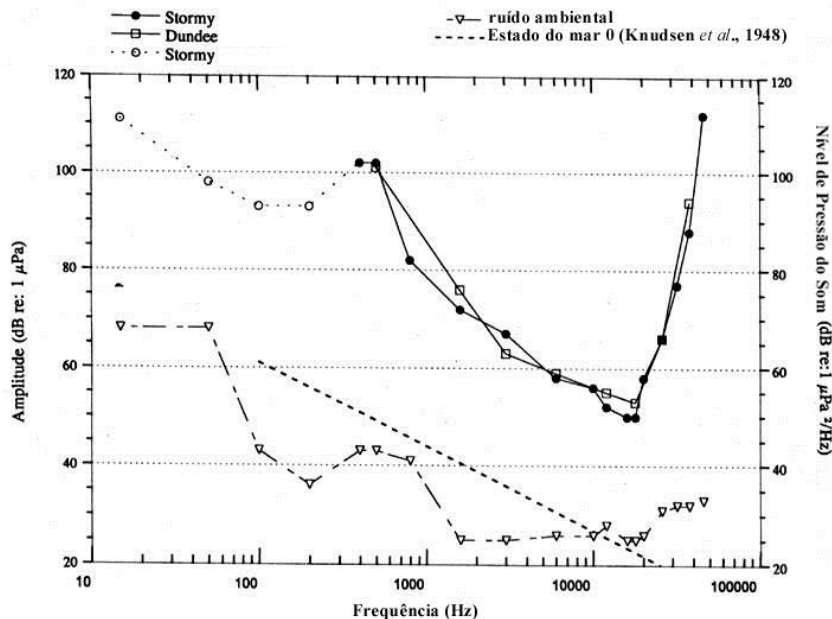


Figura 7.2.1e - Audiogramas de dois peixes-bois (Stormy e Dundee) (GERSTEIN *et al*, 1999).

Os autores, entretanto, ressaltam que as frequências menores do que 400 Hz não seriam realmente ouvidas pelo animal Stormy, mas na realidade ele estaria sentindo as vibrações das ondas sonoras sobre os pêlos do corpo e as vibrissas faciais. Esta ressalva se fez necessária, pois: o tamanho restrito do aquário fazia com que essas frequências fossem reforçadas por reflexão nas paredes e no fundo; Dundee (o outro animal) não conseguiu detectar essas frequências; e mesmo Stormy levou meses de treinamento para apresentar reação a essas frequências tendo, provavelmente, passado a reagir por aprendizado.

A espécie *Trichechus manatus latirostris*, do peixe-boi marinho, não ocorre na costa brasileira, mas sim *Trichechus manatus manatus*. Entretanto, diferenças entre subespécies costumam ser bastante sutis, seja anatomicamente, fisiologicamente ou comportamental. Portanto, espera-se que a capacidade auditiva das duas subespécies seja semelhante.

O conhecimento sobre a capacidade auditiva dos quelônios ainda é incipiente (FRANKEL & CLARK, 1997). Entretanto, esses animais são considerados potencialmente vulneráveis às diversas perturbações sonoras produzidas no ambiente marinho (PETZET, 1999). Um dos estudos sobre o impacto da pesquisa sísmica em quelônios foi elaborado por MCCAULEY *et al.* (2000) a partir da observação em cativeiro. Os autores observaram que os quelônios apresentaram um aumento na atividade de natação na amplitude acima de 155 dB re: 1 μ Pa, aproximadamente. A partir de 164 dB re: 1 μ Pa as tartarugas apresentaram um padrão de comportamento mais errático. A análise do decaimento do som acima apresentada demonstra que estes limiares estão contidos na área de influência da atividade.

MCCAULEY *et al.* (2000) apresenta uma síntese comparativa de níveis de intensidade sonora (dB re: 1 μPa^2 rms) de arranjo sísmico e efeitos na fauna marinha a partir de observações dos autores e outros dados de literatura. Os autores ressaltam que embora o sistema auditivo de mamíferos marinhos, tartarugas e peixes são fundamentalmente diferentes, o nível sonoro recebido que induz uma resposta tem-se mostrado dentro de uma variação de 10 dB. Peixes apresentam comportamento de alarme com aumento na velocidade de natação em um nível sonoro recebido de 156-168 dB re: 1 μPa rms.

Os estudos relacionados ao plâncton indicam que há letalidade em ovos e larvas em distâncias de até 3 metros da fonte sísmica. Danos físicos sub-letais foram descritos em distâncias de até 5 metros dos canhões de ar. Em distâncias maiores, diversos estudos apontaram não haver quaisquer efeitos perceptíveis (PAYNE, 2004 *apud* VILARDO, 2007).

7.3. FATORES CONSIDERADOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA SOBRE O MEIO SOCIOECONÔMICO

A identificação da área de estudo, na fase do diagnóstico ambiental, serve para delimitar o universo de trabalho de todas as variáveis envolvidas no Estudo Ambiental de Sísmica (EAS). Para definição da área de influência em relação ao Meio Socioeconômico, foram verificados os limites estabelecidos, seguindo os ajustes em relação aos resultados e conclusões do Diagnóstico. Aliado a isso, a definição da área de influência apresentada, também levou em consideração as diretrizes estabelecidas pelo IBAMA, através do Termo de Referência, emitido pelo órgão para orientar o desenvolvimento deste Estudo, a saber:

A) As características do fundo marinho associadas à distribuição dos recursos de importância econômica para a frota artesanal e às características das pescarias ali realizadas;

B) A dinâmica da frota de cada município baseada nas informações oriundas: i) de abordagem in loco das embarcações pesqueiras, realizada em outras atividades de exploração e produção de petróleo na região; ii) de projetos de monitoramento de desembarque pesqueiro pretéritos; iii) de entrevistas com grupos de pescadores experientes em cada tipo de pescaria a ser analisada dos municípios adjacentes à área da atividade ou que foram previamente identificados como municípios que potencialmente integram a AI.

A avaliação das variáveis socioeconômicas (dados de origem primária e secundária: dinâmica da frota pesqueira artesanal; dados de monitoramento pesqueiro pretéritos; e, entrevistas com atores sociais), que estão detalhadas na Subseção 4.3 - Meio Socioeconômico, nesse estudo ambiental, forneceram subsídios para a análise da área de influência sobre o meio socioeconômico a partir das áreas de pesca estipuladas para cada um dos treze (13) municípios da área de estudo. Para a caracterização das áreas de pesca artesanal expandida generalizada, foram utilizadas as informações primárias, obtidas nas comunidades pesqueiras que refletiam informações onde a atividade pesqueira local era praticada pela menor parcela de pescadores. Alguns limites informados, das áreas de pesca do tipo expandida, são consideráveis. Todavia, de forma simplificada, a grande maioria das embarcações pesqueiras artesanais, ou ainda, na maior parte do ano, tem sua atividade concentrada à profundidades inferiores a 100 metros. Na delimitação das áreas de pesca artesanal dos municípios se constatou que um (01) dos municípios da área de estudo, Maceió – AL, apresenta sobreposição com o polígono da atividade de pesquisa sísmica (Figuras 7.3a).

Em virtude da sobreposição entre a área de manobras e a área de pesca expandida de apenas um (01) município da área de estudo, o critério para determinação dos municípios inseridos na área de influência sobre o meio socioeconômico adicionou aqueles que apresentaram sobreposição das áreas de pesca expandida generalizada com as rotas de navegação entre a área de manobras e os terminais marítimos de Maceió - AL ou Barra dos Coqueiros - SE, onde serão realizadas as atividades de apoio e abastecimento às embarcações

envolvidas na atividade de pesquisa s mica. São eles: Maceió – AL; Barra de São Miguel – AL; Coruripe – AL; Pia bu  – AL; Pirambu – SE; Barra dos Coqueiros – SE; e, Aracaju – SE (Figuras 7.3b). Os pescadores artesanais desses municípios estão susceptíveis à possibilidade de encontro com quaisquer embarcações (longo curso, cabotagem, turismo náutico e apoio marítimo a atividades de exploração e produção de petróleo) que faça uso dos terminais portuários presentes na região.

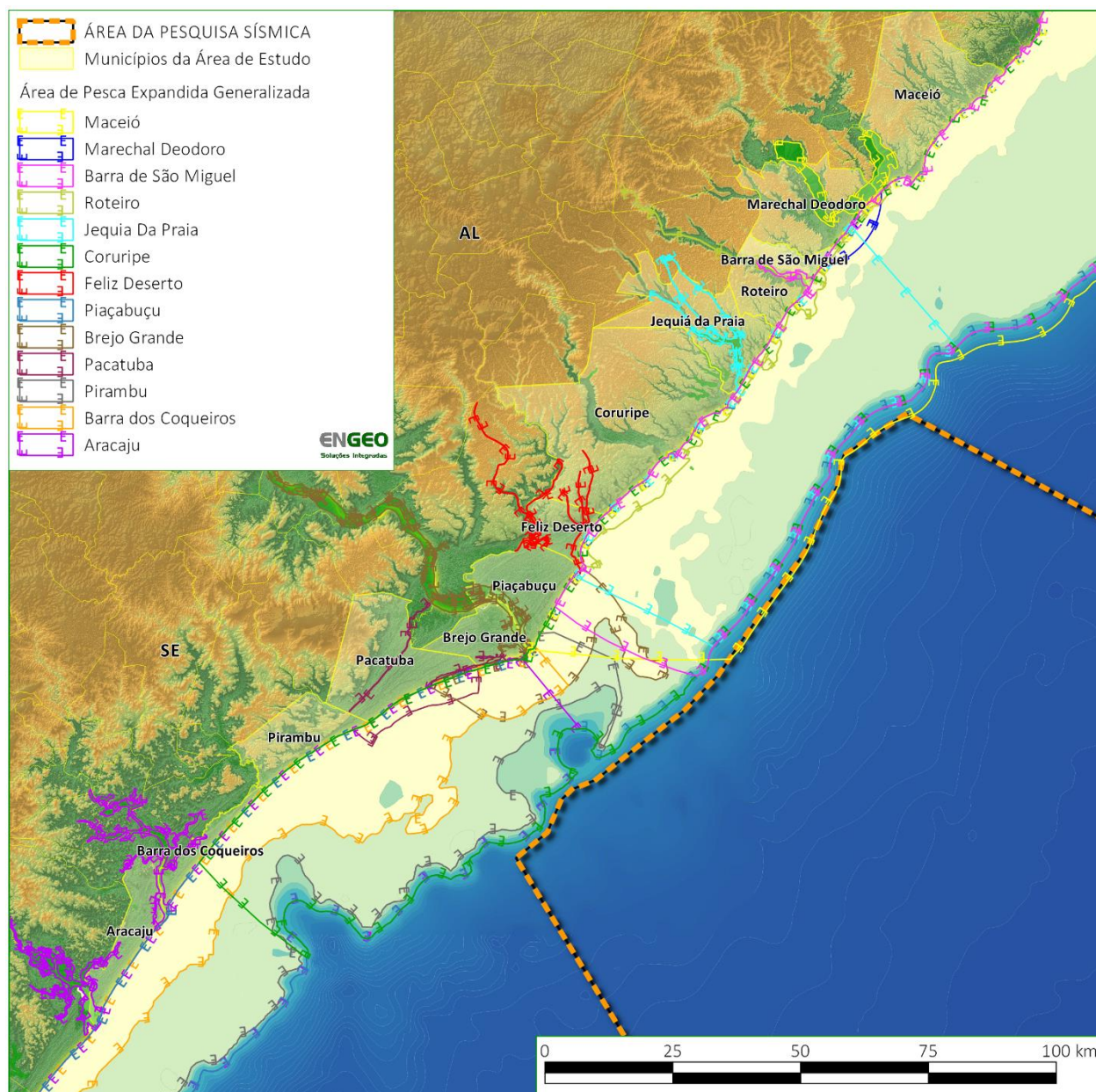


Figura 7.3a - Representação georreferenciada das áreas de pesca expandida generalizada dos municípios da área de estudo em relação ao polígono da atividade de pesquisa s mica.

As atividades econ micas regionais são condicionadas pelos ecossistemas costeiros e mais especificamente pelos estuários dos rios estes sistemas concentram elevada importância socioecon mica por diversos fatores, dentre as quais são citadas: alta produtividade, posição estratégica para instalações portuárias, industriais e grandes cidades litorâneas, além da beleza paisagística. Estes componentes estão presentes ao longo da costa, porém não são afetados diretamente pela atividade da pesquisa s mica.

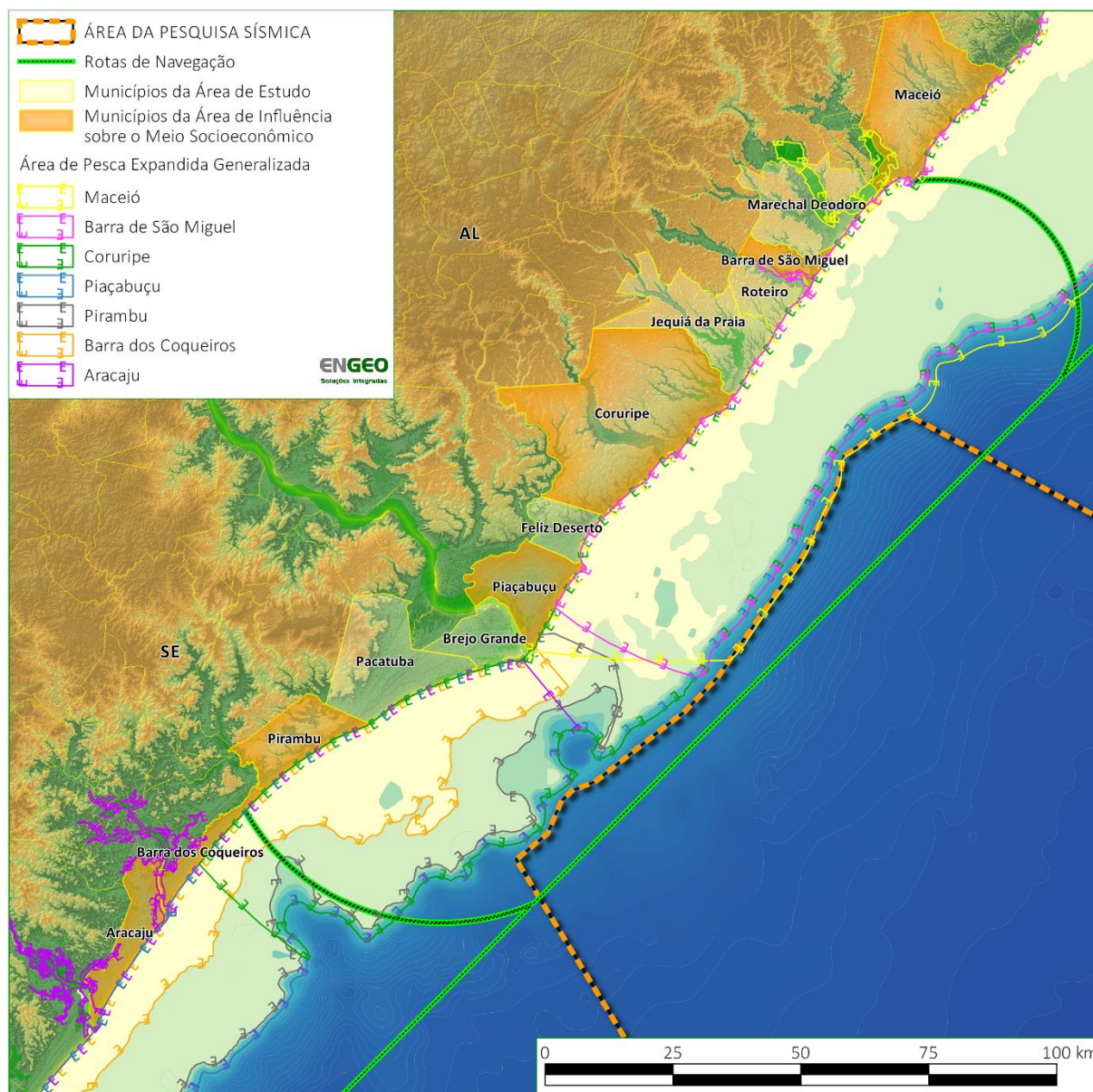


Figura 7.3b - Representação georreferenciada das áreas de pesca expandida generalizada dos municípios da área de influência em relação à rota de navegação para os terminais marítimos de Maceió – AL e Barra dos Coqueiros – SE, bem como em relação ao polígono da atividade de pesquisa sísmica.

Na área costeira da Bacia de Sergipe/Alagoas é grande a importância socioeconômica proveniente da integração entre as atividades pesqueiras, turísticas, recreação e lazer que representam à sustentação econômico-social de muitas comunidades litorâneas. O turismo é responsável também pela complementação da renda de vários setores da comunidade, principalmente através da condução de passeios e excursões turísticas.

As atividades ligadas ao turismo e lazer ocorrem em áreas continentais, estuarinas, praias e ambientes de recifes de coral predominantemente, localizadas próximas a zonas costeiras. O turismo contemplativo e ecológico tem largo apelo em boa parte das cidades litorâneas dos Estados de Alagoas e Sergipe. Na parte do turismo náutico as áreas de afloramentos ou formação de barreiras de recifes de coral, que com a maré baixa formam piscinas naturais, são responsáveis pelo tráfego de embarcações ao longo de parte da região costeira da área de estudo, principalmente no Estado de Alagoas.

7.4. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE

A Área de Influência da Atividade corresponde à:

Área sujeita aos impactos da atividade de pesquisa sísmica como os decorrentes: (i) o impacto da emissão sonora sobre o meio biótico; (ii) a interferência com as atividades pesqueira e turística; (iii) a área onde há restrições à navegação e à realização de outras atividades; e (iv) as rotas das embarcações utilizadas durante a atividade até as bases de apoio, incluindo os próprios portos ou terminais.

Os impactos esperados sobre a biota, em especial aos mamíferos marinhos, quelônios, peixes e plâncton e, portanto, contidos na Área de Influência da Atividade, são:

- injúrias no sistema auditivo (na proximidade da fonte);
- alteração comportamental de mamíferos marinhos;
- natação acelerada e/ou errática de quelônios;
- reação de alarme ou susto-C em peixes.
- injúrias na estrutura celular do plâncton (estende-se até 5 metros da fonte).

Conforme modelagem de decaimento da energia sonora apresentada no **Anexo 2.2** deste EAS, na distância horizontal de 500 metros na superfície do mar, que corresponde à Área de Segurança para cetáceos e quelônios (raio de 500 metros de origem no centro da fonte sonora), a amplitude pico-a-pico decai 64dB e a amplitude absoluta máxima decai 60dB, o que corresponde, respectivamente, a 160dB dB *re* 1 μ Pa e 140dB dB *re* 1 μ Pa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal de amplitude pico-a-pico decai 68-67dB, alcançando a amplitude pico-a-pico de 167-168dB *re* 1 μ Pa na profundidade de 200 metros e o sinal de amplitude absoluta máxima decai cerca de 36-35dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 164-165dB *re* 1 μ Pa na profundidade de 200 metros.

A caracterização dos possíveis impactos sobre a fauna marinha de maior sensibilidade auditiva indica que os limiares de detecção e reação se iniciam quando o som alcança a amplitude sonora de 160dB *re*: 1 μ Pa²rms. Sendo assim, na distância de 1 km da fonte, que compreende as áreas de segurança (500m) e sobreaviso (1000m) para baleias, golfinhos e tartarugas marinhas obedecida pelo Programa de Monitoramento da Biota Marinha, o som alcança a amplitude sonora inferior a 160dB, intensidade sonora que induziria os limiares de exposição para lesão e perturbação comportamental.

Considerando-se que não estão previstos disparos fora da área de pesquisa sísmica e de manobra e como critério mais conservativo, a Área de Influência da Atividade sobre o Meio Biótico é definida por um polígono com área de 16.345,00 km², que se amplia no sentido horizontal 1.000m além da área de manobra.

A Área de Influência da Atividade sobre o Meio Socioeconômico corresponde a Área de Atividade da Pesquisa Sísmica (área de manobras), as linhas que compreendem as rotas de navegação utilizadas durante a atividade até as bases de apoio (portos, terminais marítimos) e área dos municípios de Maceió/AL, Barra de São Miguel/AL, Coruripe/AL, Piaçabuçu/AL, Pirambu/SE, Barra dos Coqueiros/SE, e Aracaju/SE, totalizando um polígono com área de 18.120,90 km².

A delimitação da Área de Influência da Atividade sobre o meio biótico e sobre o meio socioeconômico encontra-se apresentada no Mapa PGS_02001_003912_2016_BSeal_ENGEO_2017_04_Mapa 08_Area_Influencia.

7.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AU, W.W.L., NACHTIGALL, P.E. & PAWLOSKI, J. Temporary threshold shift in hearing induced by an octave band of continuous noise in the bottlenose dolphin, **J. Acoust. Soc. Am.** 106, 2251 (A). 1999.

FINNERAN, J.J., SCHLUNDT, C.E., CARDER, D.A., CLARK, J.A., YOUNG, J.A., GASPIN, J.B., RIDGWAY, S.H. Auditory and behavioral responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) to impulsive sounds resembling distant signatures of underwater explosions. **J. Acoust. Soc. Am.** 108(1): 417-431. 2000.

FRANKEL, A.S. & CLARK, C.W. **Results from over a year of acoustic transmissions.** Marine Mammal Research Program, Report, 3p. 1997.

GERSTEIN, E.R.; GERSTEIN, L.; FORSYTHE, S.E & BLUE, J.E. The underwater audiograms of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*). **J. Acoust. Soc. Am.** 105(6):3575-3583. 1999.

GOOLD J.C. & FISH, P.J. Broadband spectra of seismic survey air gun emissions, with reference to dolphin auditory thresholds. **J. Acoust. Soc. Am.** 103(4):2177-2184. 1998.

KASTAK, D.; SCHUSTERMAN, R.J.; SOUTHAL, B.L. & REICHMUTH, C.J. Underwater temporary threshold shift induced by octave-band noise in three species of pinniped. **J. Acoust. Soc. Am.**, 106 (2): 1142-1148. 1999.

MALME, C.I.; MILES, P.R.; CLARK, C.W.; TYACK, P. & BIRD, J.E. **Investigations of the potencial effect of underwatre noise from petroleum industry activities on migration gray whale behavior / Phase II: January 1984 migration.** BBN Rep. 5586. Rep from Bolt Beranek & Newman Inc., Cambridge, MA, for U.S. Minerals Manage Serv., Anchorage, AK. Var. pag. NTIS PB86-218377. 1984.

MCCAULEY, R.D.; J. FEWTRELL; A.J. DUNCAN; C. JENNER; J.D. PENROSE; R.I.T. PRINCE; A. ADHITYA; J. MUDOCH & K. MCCABE. **Marine seismic surveys: analysis and propagation of air-gun signals; and effects of air-gun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes and squid.** Report for Australian Petroleum Production Exploration Association prepared by Centre for Marine Science and Technology. 198pp. 2000.

MMS. **Geological and Geophysical Exploration for Mineral Resources on the Gulf of México Outer Continental Shelf.** Final Programmatic Environmental Assessment. MMS – U.S. Department of the Interior Minerals Management Service, Gulf of México OCS Region. OCS EIS/EA MMS 2004-054. 2004.

PETZET, G.A. Seismic, other sound at issue in deepwater Gulf of Mexico. **Oil & Gas Journal**, Sept. 13, 1999: 105-106. 1999.

RICHARDSON, W.J. **Effects of noise on Marine Mammals.** Marine Mammals Bioacoustics Short Course. Acoustical Society of America. Orlando, 12-13th December. 432p. 1995.

SCHLUNDT, C.E. FINNERAN, J.J., CARDER, D.A., RIDGWAY, S.H. Temporary shift in masked hearing thresholds of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and white whales, *Delphinapterus leucas*, after exposure to intense tones. **J. Acoust. Soc. Am.** 107(6): 3496-3508. 2000.



EAS - Estudo Ambiental de Sísmica

Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D na Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas
Programa Sergipe/Alagoas Águas Profundas

SOUTHALL, L.; BRANDON L.; BOWLES ANN E.; ELLISON WILLIAM T.; FINNERAN JAMES J.; GENTRY ROGER L., GREENE JR. CHARLES R.; KASTAK DAVID; KETTEN DARLENE R.; MILLER JAMES H.; NACHTIGALL PAUL E.; RICHARDSON JOHN W.; THOMAS JEANETTE A. & TYACK PETER L. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. **Aquatic Mammals**, Volume 33, Number 4, pages 411-522. 2007.

VILARDO, C.N.G. **Avaliação Ambiental de Pesquisas Sísmicas Marítimas no Brasil: Evolução e Perspectivas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ. XVII, 288p.2007.