

## **II.5- IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

A *Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais* para atividade de pesquisa sísmica marítima nas áreas dos Campos de Golfinho, Canapu, Camarupim, Camarupim Norte, Peroá e Congoá, na Bacia do Espírito Santo, foi desenvolvida a partir das informações contidas na caracterização da atividade (item II.2) e nos diagnósticos ambientais dos diferentes meios – físico, biótico e socioeconômico (item II.4) consolidados no item Análise Integrada e Síntese da Qualidade Ambiental (item II.4.5). Também foram consideradas na avaliação dos impactos, o estudo de modelagem de decaimento sonoro (item II.2) e a Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais apresentada no Plano de Controle Ambiental de Sísmica - PCAS da atividade, onde encontram-se detalhamentos da análise histórica dos acidentes e a estimativa da probabilidade de ocorrência de acidentes com potencial de dano ambiental.

Além da análise dos impactos sobre os meios físico, biótico e socioeconômico da Área de Influência, definida no Item II.3, a Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais referencia as medidas mitigadoras e projetos de controle e monitoramento específicos para cada impacto, visando evitá-los ou minimizá-los, estando esses descritos com detalhamento no Item II.6.

O procedimento adotado para identificação e interpretação dos impactos ambientais está explicitado no item Metodologia. Os impactos foram identificados para a fase de levantamento da pesquisa sísmica e ainda foi considerada a atuação das embarcações de apoio.

Este item está estruturado em três sub-itens:

1. Modelagem – apresentação de uma síntese dos resultados da modelagem de decaimento da energia sonora.
2. Análise dos impactos – apresentação dos conceitos e métodos utilizados na avaliação dos impactos; identificação dos impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico; e avaliação dos impactos identificados.
3. Análise da Matriz de Impactos - apresentação da matriz de impactos consolidada e uma síntese conclusiva abordando os principais efeitos da atividade sobre o meio ambiente.

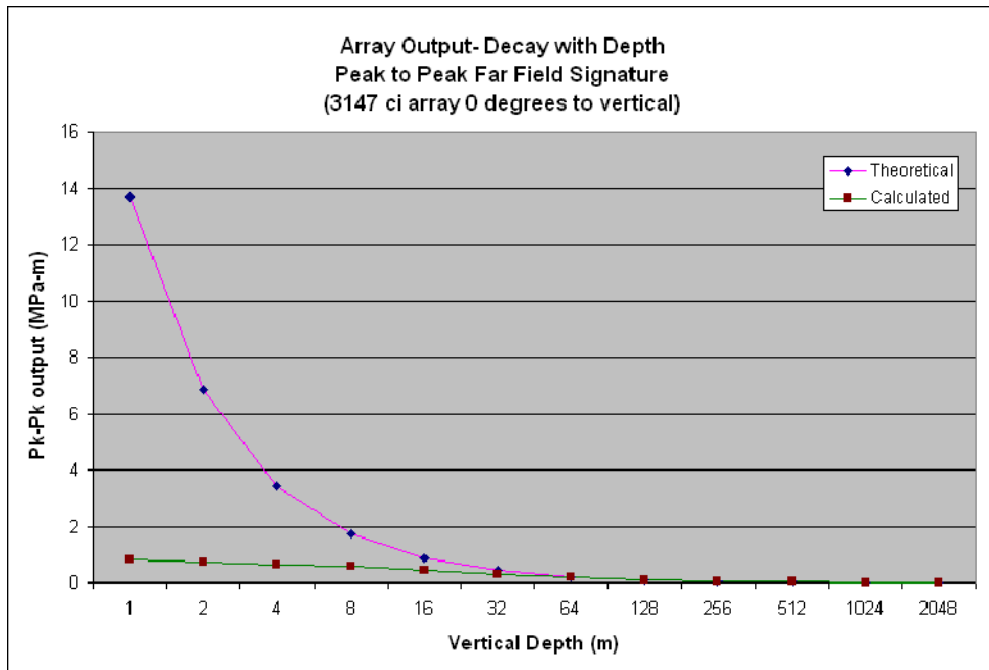
### II.5.1 - MODELAGEM DE DECAIMENTO SONORO

Com o intuito de subsidiar a presente análise de impactos, foram realizados estudos de modelagem de decaimento da energia sonora, aspecto relacionado diretamente com a atividade de pesquisa sísmica marítima.

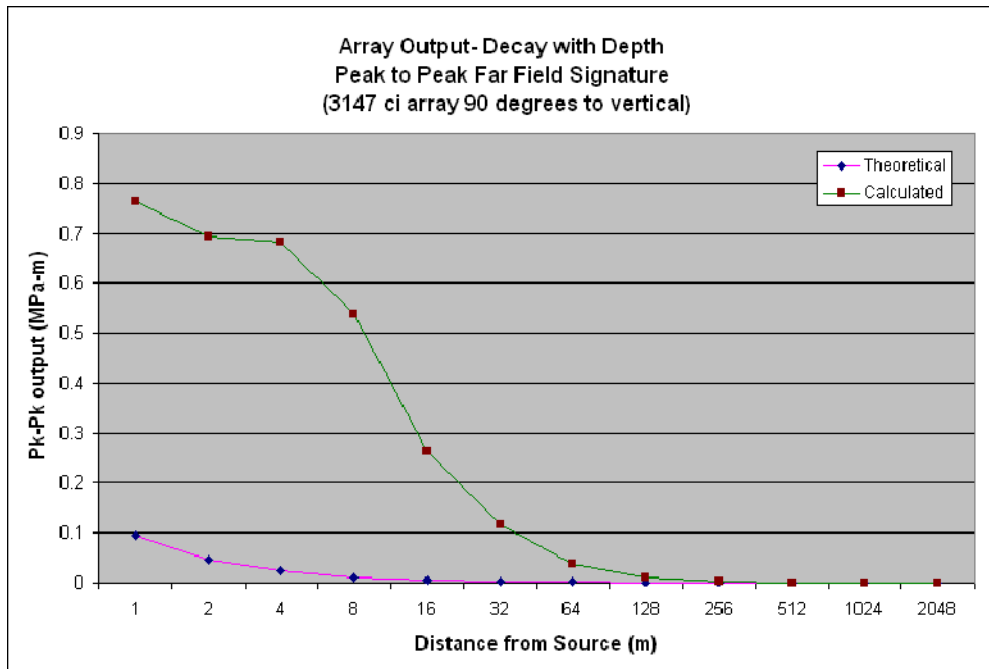
Os estudos de modelagem foram executados pela empresa **WesternGeco** e foram apresentadas no Plano de Controle Ambiental de Sísmica - PCAS, aprovado pelo CGPEG/DILIC/IBAMA, conforme ofício N° 734/06 emitido em 12 de setembro de 2006.

Apresenta-se a seguir uma síntese dos resultados dessa modelagem. Cabe salientar que a WesternGeco definiu como padrão para suas operações no Brasil, com os navios-fonte GECO TAU ou GECO SNAPPER, em levantamentos com OBC, um arranjo de canhões de ar de 3.147 pol<sup>3</sup> (polegadas cúbicas), composto por três subarranjos de 1.049 pol<sup>3</sup>, formado cada um por oito canhões de ar (vide item II.2). Para esse arranjo, as máximas amplitudes pico a pico, na vertical e na horizontal são de, respectivamente, 212,3 e 146,6 dB re 1 µPa/Hz a 1m da fonte.

O resultado da modelagem do decaimento da energia sonora em função da distância da fonte, na vertical e na horizontal, representada em gráficos distâncias x amplitudes pico a pico, é apresentado, respectivamente na Figura II.5.1-1 e na Figura II.5.1-2. Cada figura é caracterizada por duas curvas distintas. A curva teórica representa o decaimento esférico considerando o arranjo como uma fonte ideal de dimensões infinitamente pequenas enquanto que a curva calculada corresponde ao arranjo real para o qual o efeito da(s) pistola(s) mais próxima(s) do ponto de observação é dominante. As duas curvas tendem a se encontrar à partir de uma distância de 50 a 200m do centro do arranjo. Para medições do decaimento coletadas a uma distância inferior a 50m, deve-se utilizar como referência uma amplitude resultante da ponderação dos valores extraídos das curvas teórica e calculada.



**Figura II.5.1-1** – Decaimento da amplitude pico a pico com a distância vertical da fonte.



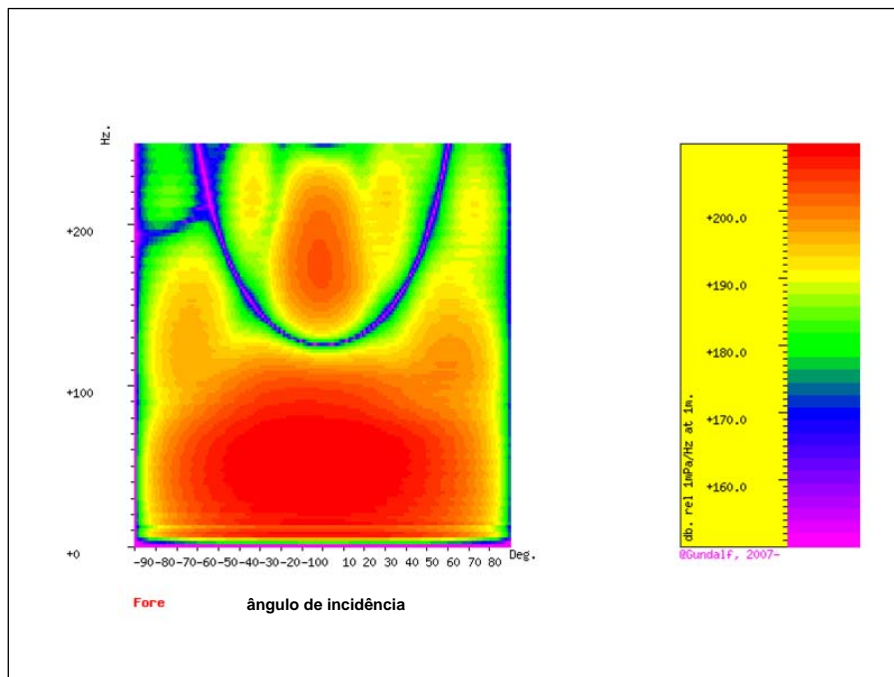
**Figura II.5.1-2** – Decaimento da amplitude pico a pico com a distância horizontal da fonte.

As Figuras II. 5.1-3 e II.5.1-4 mostram, respectivamente, o padrão de emissão acústica no plano vertical segundo a linha de navegação e transversal a ela, para o arranjo de 3.147pol<sup>3</sup>.

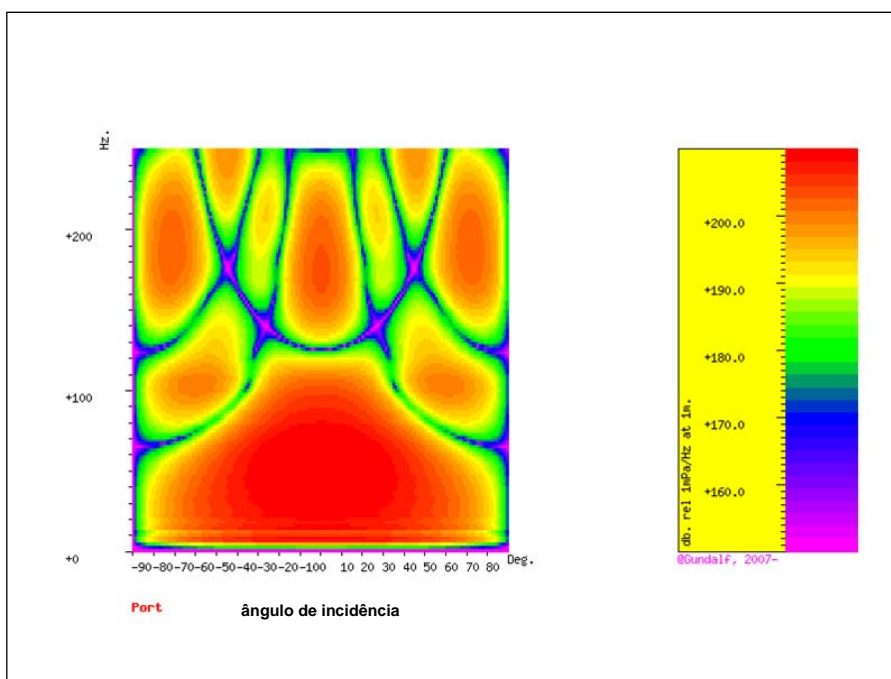
Cabe salientar, que neste estudo não foram consideradas as ondas refratadas e refletidas no fundo marinho. Foram utilizados os seguintes valores de temperatura da água e velocidade de propagação acústica para a modelagem da onda acústica direta.

- Temperatura da água: 10° graus
- Velocidade de propagação: 1496m/s

Foi escolhido um coeficiente de reflexão na interface água/ar igual a 1 (um) correspondendo a um estado de mar calmo.



**Figura II.5.1-3** – Arranjo de 3.147pol<sup>3</sup> – padrão de emissão acústica no plano vertical segundo a linha de navegação (azimute 0°), com canhões de ar a 6m de profundidade.



**Figura II.5.1-4** – Arranjo de 3.147poI<sup>3</sup> – padrão de emissão acústica no plano vertical segundo a linha de navegação (azimute de 90°), com canhões de ar a 6m de profundidade.

## II.5.2 - ANÁLISE DE IMPACTOS

### II.5.2.1 - Metodologia Utilizada

Este tópico foi desenvolvido buscando a melhor forma de identificação e avaliação dos impactos potenciais decorrentes do empreendimento, considerando-se sempre a relação causa/efeito.

A partir da discussão interdisciplinar das ações do empreendimento e do diagnóstico ambiental das áreas de influência, estabeleceu-se uma metodologia própria para identificação e classificação dos impactos, utilizando-se como instrumento básico uma matriz de interação. Esta Metodologia de Avaliação de Impactos Ambientais utilizada pela Cepemar se baseia na Matriz de Leopold, da qual se fez uma adaptação.

Esta matriz de interação funciona como uma listagem de controle bidimensional, disposta ao longo de seus eixos, vertical e horizontal, respectivamente, as ações do empreendimento, por fase de ocorrência, e os fatores ambientais que poderão ser afetados, permitindo assinalar, nas quadrículas correspondentes às interseções das linhas e colunas, os impactos de cada ação sobre os componentes por ela modificados (GTZ/SUREHMA,1992).

Na matriz apresentada para este empreendimento foi ainda acrescentada ao longo do eixo vertical uma relação dos aspectos ambientais relacionados a cada atividade do empreendimento.

Cada uma destas interações foi avaliada, considerando-se os impactos resultantes, quanto à sua categoria, forma de incidência, área de abrangência, duração ou temporalidade, grau de reversibilidade, prazo para manifestação, magnitude e importância. Os diversos fatores ambientais presentes nessa matriz são definidos e estabelecidos em função do diagnóstico ambiental realizado. Essa matriz apresenta uma visão integrada das ações do empreendimento, dos impactos decorrentes das mesmas e dos fatores ambientais afetados, permitindo observar quais as ações mais impactantes, qual a fase do empreendimento que irá gerar mais impacto e quais os fatores ambientais mais afetados.

Na metodologia utilizada pela Cepemar, a partir da identificação dos impactos potenciais do empreendimento procede-se à descrição de cada impacto identificado, bem como a classificação/valoração desses impactos. Para essa classificação (categoria, forma de incidência, área de abrangência, duração ou temporalidade, grau de reversibilidade, prazo para manifestação, magnitude e importância), a Cepemar utiliza-se de planilhas específicas, que são preenchidas conjuntamente pela equipe multidisciplinar, com base nos critérios pré-estabelecidos.

Para a interpretação / classificação / valoração dos impactos ambientais, desenvolveu-se uma análise criteriosa que permitiu estabelecer previamente um prognóstico sobre os mesmos, adotando-se os seguintes critérios para cada atributo:

## CATEGORIA DO IMPACTO

O atributo categoria do impacto considera a classificação do mesmo em **negativo** (adverso) ou **positivo** (benéfico), conforme as definições a seguir:

- **Positivo:** Quando a ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental/social;
- **Negativo:** Quando a ação resulta em um prejuízo à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental/social.

## FORMA DE INCIDÊNCIA

Este atributo para classificação do impacto considera a consequência do impacto ou de seus efeitos em relação ao empreendimento, podendo ser classificado como direto ou indireto. De modo geral os impactos indiretos são decorrentes de desdobramentos consequentes dos impactos diretos. Utilizam-se as seguintes definições para as possibilidades deste atributo:

- **Direta:** Resultante de uma simples relação de causa e efeito;
- **Indireta:** Resultante de uma reação secundária em relação à ação, ou quando é parte de uma cadeia de reações.

## ÁREA DE ABRANGÊNCIA

A definição criteriosa e bem delimitada das áreas de influência de um determinado empreendimento permite a classificação da abrangência de um impacto em local, regional ou estratégico conforme estabelecido a seguir:

- **Local:** quando o impacto, ou seus efeitos, ocorrem ou se manifestam somente na área de influência direta definida para o empreendimento.
- **Regional:** quando o impacto, ou seus efeitos, ocorrem ou se manifestam também na área de influência indireta definida para o empreendimento.

- **Estratégico:** quando o impacto, ou seus efeitos, se manifestam em áreas que extrapolam as Áreas de Influência definidas para o empreendimento, sem, contudo se apresentar como condicionante para ampliar tais áreas.

## DURAÇÃO OU TEMPORALIDADE

Este atributo de classificação/valoração de um impacto corresponde ao tempo de duração que o impacto pode ser verificado na área em que se manifesta, variando como temporário ou permanente. Adotam-se os seguintes critérios para classificação em temporário ou permanente:

- **Temporário:** Quando um impacto cessa a manifestação de seus efeitos em um horizonte temporal definido ou conhecido.
- **Permanente:** Quando um impacto apresenta seus efeitos se estendendo além de um horizonte temporal definido ou conhecido.

## GRAU DE REVERSIBILIDADE

A classificação de um impacto segundo este atributo considera as possibilidades do mesmo ser reversível ou irreversível, para o que são utilizados os seguintes critérios:

- **Reversível:** Quando é possível reverter a tendência do impacto ou os efeitos decorrentes das atividades do empreendimento, levando-se em conta a aplicação de medidas para reparação do mesmo (no caso de impacto negativo) ou com a suspensão da atividade geradora do impacto.
- **Irreversível:** Quando mesmo com a suspensão da atividade geradora do impacto não é possível reverter a tendência do mesmo.



## PRAZO PARA MANIFESTAÇÃO

Este atributo de um impacto considera o tempo para que o mesmo, ou seus efeitos, se manifeste, desde a ação geradora, independentemente de sua área de abrangência, podendo ser classificado como imediato, de médio prazo ou de longo prazo. Procurando atribuir um aspecto quantitativo de tempo para este atributo, de forma a permitir uma classificação geral segundo um único critério de tempo, a metodologia utilizada se baseou nos critérios sugeridos por Rhode (1988), considerando-se a temporalidade para todos os impactos, como se segue:

- **Imediato:** 1 ano ou menos
- **Médio Prazo:** 1 a 10 anos
- **Longo Prazo:** Acima de 10 anos

## MAGNITUDE

Este atributo, na metodologia utilizada, considera a intensidade com que o impacto pode se manifestar, isto é, a intensidade com que as características ambientais podem ser alteradas, adotando-se uma escala nominal de fraco, médio, forte ou variável. Para a classificação da magnitude também são considerados todos os 6 atributos de classificação já descritos anteriormente (categoria do impacto, forma de incidência, área de abrangência, duração ou temporalidade, grau de reversibilidade e prazo para manifestação).

Desta forma, a classificação de um impacto segundo o atributo magnitude consolida também a avaliação de todos os outros atributos de classificação anteriormente citados, na medida em que realiza o balanço da classificação destes atributos, além de avaliar a intensidade e a propriedade cumulativa e sinérgica de cada impacto identificado e avaliado.

Para avaliação do balanço dos demais atributos visando à classificação da magnitude ressalta-se que os critérios foram na maioria das vezes subjetivos, baseados principalmente no julgamento dos especialistas envolvidos. Da mesma forma, o critério utilizado foi variável entre os impactos, ou seja, a variação da magnitude pode depender de diferentes critérios, dependendo do impacto em análise.

Para a classificação das propriedades cumulativas e sinérgicas no âmbito do atributo magnitude são consideradas a sucessão e a repetitividade das atividades do empreendimento, que envolvem levantamentos sísmicos em duas áreas, além dos demais empreendimentos previstos ou já existentes na mesma área de influência.

Essa cumulatividade pode ser avaliada considerando-se a potencialização do impacto a partir de um outro impacto decorrente do próprio empreendimento ou de outro empreendimento que se faça presente na região em estudo. Para uma melhor avaliação da cumulatividade de cada impacto foram levadas em consideração, sempre que possível, as referências bibliográficas existentes na literatura nacional e internacional.

Sempre que possível, a valoração da magnitude de um impacto se realiza segundo um critério não subjetivo, o que permite uma classificação quantitativa do mesmo, portanto, mais precisa. Todavia, observa-se que a maior parte dos impactos potenciais previstos na Análise dos Impactos não é passível de ser mensurado quantitativamente, dificultando a comparação entre os efeitos decorrentes do empreendimento com a situação anterior a sua implantação, não permitindo assim, uma valoração objetiva com relação à magnitude dos impactos.

Neste sentido, é fundamental que o diagnóstico ambiental realizado na área de influência do empreendimento tenha a profundidade e a abordagem condizente com a necessidade de se formular um prognóstico para a região considerada, no qual as alterações decorrentes do empreendimento possam ser mais bem avaliadas, mesmo que somente de forma qualitativa, e conseqüentemente valoradas de forma mais precisa.

Da mesma forma, é imprescindível o conhecimento das atividades a serem desenvolvidas pelo empreendimento, de forma a permitir um perfeito entendimento da relação de causa e efeito entre as atividades previstas e os componentes ambientais considerados.

Neste contexto, de forma a reduzir a subjetividade da avaliação quanto à magnitude de um impacto, é importante a presença de profissionais experientes e capacitados na equipe técnica, bem como uma permanente avaliação histórica envolvendo empreendimentos similares em outras áreas e seus efeitos sobre os meios físico, biótico e socioeconômico.

Para todos os casos, inclusive naqueles em que os impactos potenciais apresentam-se com dificuldades de quantificação, não sendo passíveis de serem avaliados segundo referências bibliográficas ou numa escala pré-estabelecida, utiliza-se para a classificação dos mesmos uma escala subjetiva, que varia entre fraca, média e forte.

Com relação à classificação dos impactos como de magnitude variável, observa-se que correspondem a impactos cuja magnitude pode variar segundo as diferentes intensidades das ações que geraram este impacto, provocando efeitos de magnitudes diferentes. Procura-se, nestes casos, identificar as diferentes situações de variabilidade do impacto através da descrição de suas conseqüências conforme cada magnitude possível. Desta forma, para um impacto classificado como de magnitude variável, podendo variar como fraca, média e forte, são apresentadas descrições indicando as situações em que sua ocorrência se dará com magnitude fraca, média ou forte.

## GRAU DE IMPORTÂNCIA DO IMPACTO

Depois de determinada a magnitude do impacto, atributo este que considera todos os demais atributos da avaliação, deverá ser determinado o Grau de Importância do impacto.

O Grau de Importância dos impactos ambientais foi avaliado a partir da relação entre sua magnitude e a sensibilidade do ecossistema ou do meio social afetado. A magnitude (caracterizada como Forte, Média e Fraca) constitui-se na avaliação da intensidade com que a ação altera o meio afetado, além da combinação e do balanço dos demais atributos de classificação.

A sensibilidade da área onde se manifesta um determinado impacto foi determinada a partir das informações constantes no Diagnóstico Ambiental (item II.4), as quais encontram-se consolidadas na Análise Integrada e Síntese da Qualidade Ambiental (item II.4.5).

Adicionalmente, quando não retratada de forma objetiva nestes itens, o profissional responsável pelo tema identifica o grau de sensibilidade da área em questão. Cabe ainda ressaltar a dinâmica interdisciplinar entre os diversos membros da equipe quando da avaliação e valoração dos diversos atributos segundo os quais os impactos foram classificados.

Esses atributos (magnitude e sensibilidade) representam a base da avaliação do Grau de Importância do impacto em análise, conforme representado na Tabela II.5.2.1-1, a seguir.

**Tabela II.5.2.1-1 - Critérios para avaliação do Grau de Importância dos impactos.**

MAGNITUDE \ SENSIBILIDADE	SENSIBILIDADE		
	FORTE	MÉDIA	FRACA
ALTA	Grande	Grande	Médio
MÉDIA	Grande	Médio	Pequeno
BAIXA	Médio	Pequeno	Pequeno

Dessa forma, a partir das inter-relações possíveis de ocorrerem, conforme as classificações de magnitude e sensibilidade, procedeu-se a classificação do Grau de Importância de cada impacto identificado. Assim, um impacto de forte magnitude incidindo sobre um fator ambiental de alta ou média sensibilidade apresenta Grau de Importância grande. O cruzamento entre fraca magnitude e baixa sensibilidade, ou vice-versa, indica Grau de Importância médio para o impacto. Por fim, impactos de fraca magnitude incidindo sobre fatores de baixa ou média sensibilidade são considerados como Grau de Importância pequeno.

### ***II.5.2.2 - Descrição e Classificação dos Impactos***

Neste item, apresenta-se a descrição dos impactos por meio e fatores ambientais afetados, bem como as respectivas planilhas de classificação dos impactos, associando-os aos aspectos ambientais, que também se encontram relacionados às ações do empreendimento e estas às respectivas fases de ocorrência.

Na presente avaliação de impactos ambientais foi levada em consideração a especificidade do empreendimento proposto, que irá envolver a realização de pesquisa sísmica em duas grandes áreas, Complexo Golfinho e Peroá-Cangoá, na região norte da Bacia do Espírito Santo.

Em relação às Fases do Empreendimento, para efeito de avaliação dos impactos, foram definidas conforme a seguir:

- Fase de Planejamento
- Fase da Pesquisa Sísmica

Apresenta-se a seguir, de forma resumida, a descrição de cada uma das atividades previstas no desenvolvimento da Atividade de Pesquisa Sísmica.

## ◆ FASE DE PLANEJAMENTO

### DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE PESQUISA SÍSMICA

De modo geral, antes de se iniciar o desenvolvimento da atividade, a empresa irá realizar contratos com empresas de sísmica, de consultoria para o licenciamento da atividade, e divulgar, através da imprensa, a programação das atividades a serem realizadas.

A divulgação do programa pode ou não ocorrer via imprensa, mas sempre ocorre através da implantação do programa de Comunicação Social da empresa petrolífera. Entende-se que se trata de etapa importante para avaliação de alguns impactos ambientais potenciais no meio socioeconômico, sobretudo, a geração de expectativa nas comunidades pesqueiras.

### CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS

Corresponde a uma atividade da Fase de Planejamento, uma vez que anteriormente ao início da atividade de pesquisa sísmica propriamente dita é necessária uma série de contratações de serviços de terceiros que irão suprir as atividades de suporte e logística para a atividade. Dentre esses serviços contratados podem-se incluir os serviços de transporte marítimo, transporte aéreo, recebimento e disposição de resíduos sólidos em terra, fornecimento de serviços de hotelaria nas embarcações envolvidas na pesquisa sísmica, fornecimento de insumos para alimentação a bordo das embarcações, fornecimento de óleo diesel, contrato com portos *supply*, dentre inúmeras outras atividades. Este conjunto de atividades e serviços contratados são geradores de empregos diretos e indiretos, constituindo-se em atividade importante para avaliação de alguns impactos potenciais no meio socioeconômico.

A contratação desses serviços, considerando-se isoladamente esta atividade nas áreas do Complexo Golfinho e Peroá-Cangoá, certamente não será capaz de promover alterações significativas no meio socioeconômico do local onde se insere o empreendimento, mas contribuirá para a atividade na medida em que incrementa e mantém a demanda por bens e serviços.

## ◆ FASE DE PESQUISA SÍSMICA

### ATIVIDADES DE AQUISIÇÃO DE DADOS SÍSMICOS

Durante a atividade de aquisição de dados sísmicos em área *offshore*, uma série de atividades rotineiras estarão associadas ao funcionamento e operação do navio sísmico.

Dentre essas atividades de rotina podem ser relacionadas a emissão de ruídos e gases a partir dos motores a combustão, a geração e descarte de efluentes sanitários, a geração e transporte de resíduos sólidos, que são levados para o continente e o descarte de resíduos alimentares no ambiente marinho.

Os efluentes e resíduos gerados nas embarcações que participarão da atividade de aquisição de dados sísmicos (navios sísmicos e embarcações de apoio) terão características similares àqueles produzidos por quaisquer outros navios de mesmo porte. Os efluentes que serão descartados no mar pelo navio sísmico e embarcação de apoio são os sanitários, os resíduos alimentares triturados e a água de drenagem. O descarte dos dois primeiros tipos de resíduos deverá atender as diretrizes previstas pela Nota Técnica NT 08/08 (IBAMA, 2008), enquanto que o último deverá atender as premissas estabelecidas pelo Anexo IV da MARPOL (73/78). Considerando os sistemas de tratamento a que esses efluentes serão submetidos previamente ao descarte, toda partícula orgânica triturada e efluentes líquidos tratados somente poderão ser descartados no mar quando em movimento, a pelo menos 4 nós, a mais do que 12Mn da costa, em consonância com os padrões estabelecidos pelas regulamentações legais anteriormente citadas. Por sua vez, os restos de alimentos deverão ser previamente triturados em tamanhos inferiores a 25 mm antes de seu lançamento no mar. Já as águas oleosas recolhidas no convés das embarcações, serão direcionadas para o tratamento específico (separador de água e óleo), o qual reduzirá o teor de óleos e graxas (TOG) até concentrações inferiores ao limite estabelecido pela MARPOL (15 ppm), o que é monitorado continuamente.

O conjunto dessas rotinas pode ser capaz de promover alterações nos meios físico e biótico, contudo, devido os baixos volumes de efluentes e resíduos envolvidos bem como das características hidrodinâmicas locais, que favorecem a diluição, dispersão e a degradação desses elementos no meio ambiente marinho esses impactos foram considerados como negligenciáveis. Apesar dessa consideração, é apresentado no PCAS da atividade um Projeto de Controle da Poluição - PCP como ferramenta de gestão voltada à minimização desses possíveis impactos. Cabe salientar ainda que o PCP é adequado à Nota Técnica NT 08/08 (IBAMA, 2008).

Como aspecto principal da atividade de aquisição de dados considerou-se a geração de ruídos a partir das fontes sísmicas, cujas características são apresentadas nos itens II.2 – Caracterização da Atividade e II.5.1 – *Modelagem de Decaimento Sonoro*. Outro aspecto importante da atividade está relacionado à movimentação do navio sísmico com todo o aparato da fonte sísmica e do sistema de registro dos dados sísmicos, a qual apresenta forte possibilidade de interação com a atividade de pesca e com animais marinhos.

Por fim, durante o processo de aquisição de dados sísmicos podem ocorrer acidentes, envolvendo petrechos de pesca e mesmo animais marinhos (ataques de tubarões), com o conseqüente rompimento dos cabos sísmicos e lançamento no mar de produtos químicos a base de querosene (ISOPAR M). Cabe salientar que, conforme descrito no PCAS da WesternGeco, os volumes envolvidos nas hipóteses acidentais descritas acima são pequenos. Além disso, o baixo potencial tóxico do ISOPAR M (ver Item II.2.3.1 e **Anexo II.2-2**), determina que os riscos de danos a saúde da biota marinha são muito baixos.

### ATIVIDADES DE APOIO

O levantamento sísmico em áreas *offshore* demanda uma série de atividades associadas, que na verdade funcionam como apoio a atividade principal executada pelo navio sísmico. Dentre as atividades de apoio, as principais são aquelas executadas através de rebocadores que atendem ao navio sísmico.



Portanto, durante a Fase de Pesquisa Sísmica são necessárias viagens de transporte de insumos e alimentos para abastecimento das unidades de marítimas (Navio Sísmico e embarcação assistente). Para esse transporte tem-se a modalidade marítima entre o porto *supply* e as unidades supracitadas. Existe ainda a modalidade aérea (uso de helicópteros) entre o aeroporto (Eurico Sales em Vitória) e o navio sísmico para transporte de pessoal.

A movimentação da embarcação de apoio se dará a cada 10 ou 15 dias, o que pode ser considerado como de baixo potencial de interferência sobre o tráfego de embarcações hoje existente e sobre a própria atividade pesqueira. Contudo, medidas de controle são necessárias visando mitigar esses possíveis impactos.

Um aspecto importante nessa etapa da atividade é a do abastecimento do navio sísmico e das embarcações de apoio a qual deverá ocorrer em duas condições distintas: em área abrigada e em alto mar. A primeira dar-se-á na BRASCO, localizada na Ilha da Conceição em Niterói-RJ ou na CODESA em Vitória - ES, por meio de empresa licenciada que opera um sistema de abastecimento por balsas. A citada empresa tem como rotina de operação cercar as embarcações envolvidas no procedimento com barreiras de contenção flutuantes, para controle de eventuais vazamentos. A segunda condição de abastecimento, notadamente do navio sísmico, deverá ocorrer a uma distância igual ou superior a 15 km da costa, seguindo as premissas contempladas em lista de verificação própria (**Anexo II.2-1**), de forma a minimizar os riscos ambientais por derramamento de óleo.

Apesar das medidas de controle que são adotadas, não se pode descartar o risco de acidentes com derramamento de óleo durante as operações de transbordo, sobretudo no mar, onde as condições operacionais são mais complexas.

Depois de descrita cada uma das atividades previstas para o empreendimento, apresenta-se a seguir a Tabela II.5.2.2-1, na qual encontram-se definidas as fases do empreendimento, as atividades a serem desenvolvidas em cada fase, os aspectos ambientais relacionados a cada atividade prevista e os impactos efetivos ou potenciais.

**Tabela II.5.2.2-1 - Fases do empreendimento, atividades previstas e aspectos ambientais relacionados.**

FASES	ATIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTO AMBIENTAL	CLASSIFICAÇÃO
Planejamento	Definição do Programa de Pesquisa Sísmica	Divulgação do empreendimento	Geração de expectativa	efetivo
	Contratação de Serviços	Demanda de insumos e serviços	Geração de receita tributária	efetivo
			Fortalecimento do setor de serviços de navegação e portuário	efetivo
Pesquisa Sísmica	Aquisição de Dados Sísmicos	Operação dos Canhões de ar ( <i>air-guns</i> )	Interferência na comunidade planctônica	efetivo
			Interferência na comunidade bentônica	efetivo
			Interferência na ictiofauna marinha pelágica e demersal	efetivo
			Interferência na comunidade de quelônios	efetivo
			Interferência na comunidade de cetáceos	efetivo
			Conflito com a atividade pesqueira	efetivo
	Navegação do Navio Sísmico	Contaminação ambiental e interferência na biota marinha	potencial	
		Conflito com a atividade pesqueira	efetivo	
	Apio e Suprimento	Navegação das Embarcações de Apoio	Conflito com a atividade pesqueira	efetivo
		Abastecimento do Navio Sísmico	Contaminação ambiental e interferência na biota marinha	potencial
Prejuízo à atividade pesqueira			potencial	

Legenda



Meio Físico e Biótico

Meio Socioeconômico

A seguir é apresentada a planilha de classificação dos impactos identificados nesta avaliação para os diferentes meios: físico, biótico e antrópico. Na sequência é feita uma descrição dos impactos identificados, e são discutidos os critérios para a classificação adotada.



### **II.5.2.2.1- Descrição e Classificação dos Impactos**

Apresenta-se a seguir a identificação e discussão dos impactos ambientais potenciais referentes aos meios físico, biótico (impactos identificados pela cor verde) e antrópico (impactos identificados pela cor laranja) relacionando-os à sua fase de ocorrência, às suas atividades geradoras e aos respectivos aspectos ambientais.

#### **IMPACTO 1**

<b>Fases</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>
<b>Planejamento</b>	Divulgação do empreendimento
<b>IMPACTO EFETIVO: Geração de expectativa</b>	

A atividade de pesquisa sísmica tem um grande potencial e histórico de conflito com a atividade pesqueira. Além do impacto direto pelo conflito de uso da área marinha, existe o impacto relacionado à expectativa dos pescadores em relação às atividades sísmicas. Este impacto gera diversos transtornos tanto para a comunidade pesqueira quanto para as empresas contratadas para efetuarem a pesquisa sísmica. Durante as atividades de campo desenvolvidas para o Diagnóstico da Socioeconomia deste EIA (item II.4.3), pôde-se perceber um sentimento generalizado de desgaste e descrédito por parte dos órgãos ambientais e das empresas que exploram as áreas de pesca. Foi extremamente difícil conseguir informações em algumas localidades e, de maneira geral, encontrou-se muita resistência por parte de todos os pescadores. Para a realização do estudo de campo foi necessário negociar bastante durante a fase de mobilização, e uma das principais reivindicações foi em relação à falta de abertura para a classe pesqueira ser “ouvida”. Existe, inclusive, um processo aberto em nome da Federação dos Pescadores do Espírito Santo, que reclama pelos direitos sobre os prejuízos relacionados a estudos sísmicos anteriores.

Para amenizar essa situação e se conseguir levantar as informações da melhor maneira possível, foi aberto um espaço durante as reuniões para registrar todos os problemas apontados em cada comunidade. Após esse levantamento, foi feito um trabalho de agrupamento por grau de importância de problemática registrada, conforme descrito anteriormente na metodologia do presente relatório (item II.4.3). As Tabelas II.5.2.2.1-1 e II.5.2.2.1-2, apresentam os resultados deste trabalho de forma sistematizada.

**Tabela II.5.2.2.1-1** – Listagem agrupada por tema dos problemas levantados durante as reuniões nas comunidades estudadas.

Grau de importância/ problema		COMUNIDADES EM QUE OS PROBLEMAS FORAM APONTADOS															Total		
		Barra do Riacho	Barra do Sahy	Barra Nova	Bicanga	Carapebus	Conceição da Barra	Guriri	Jacaraipe	Manguinhos	Nova Almeida	Pontal do Ipiranga/ Barra Seca	Povoação	Praia do Canto	Praia do Suá	Prainha		Regência	Santa Cruz
1ª Importância	Traineiras				X	X			X				X	X	X				6
	Prospecção sísmica	X						X		X						X			4
	Poluição		X																1
	Fiscalização excessiva e humilhante do Ibama			X							X							X	3
	Defesos demais											X							1
	Pescadores de fora							X											1
	Pesquisas que não resultam em nada para o pescador						X												1
2ª Importância	Traineiras	X						X		X									3
	Prospecção sísmica			X		X	X					X		X	X				6
	Rota dos rebocadores				X														1
	Poluição							X											1
	Unidade de conservação mal planejada																X		1
	Barcos lagosteiros								X										1
	Barcos arrastões		X																1
	Pescadores clandestinos															X			1
	Boca da barra										X								1

Continua

**Tabela II.5.2.2.1-1 – Listagem agrupada por tema dos problemas levantados durante as reuniões nas comunidades estudadas. (Conclusão)**

Grau de importância/ problema		COMUNIDADES EM QUE OS PROBLEMAS FORAM APONTADOS														Total			
		Barra do Riacho	Barra do Sahy	Barra Nova	Bicanga	Carapebus	Conceição da Barra	Guriri	Jacaraipe	Manguinhos	Nova Almeida	Pontal do Ipiranga/ Barra Seca	Povoação	Praia do Canto	Praia do Suá		Prainha	Regência	Santa Cruz
3ª Importância	Prospecção sísmica				X														1
	Rota dos rebocadores					X		X	X							X			4
	Pescadores demais									X									1
	Apenas uma fábrica de gelo																	X	1
	Aracruz Celulose	X	X																2
	Barcos arrastões										X								1
	Fiscalização excessiva e humilhante do Ibama						X												1
	Defesos demais																X		1
	Pescadores de fora												X						1
	Pescadores amadores			X															1
4ª Importância	Poluição					X						X			X			3	
	Redes de fundo								X									1	
	Pescadores demais	X																1	
	Navios de carga				X													1	
5ª Importância	Pescadores amadores / turistas											X						1	

Para entender melhor a frequência em que cada conflito aparece, considerando o grau de importância levantado, as informações foram ordenadas em forma de “Ranking de problemas”, conforme demonstrado na Tabela II.5.2.2.1-2.

**Tabela II.5.2.2.1-2 – Ranking dos problemas levantados. N: Frequência; P: Peso (1 a 5);  
 $T=N \times P$ .**

Problemas	1ª importância			2ª importância			3ª importância			4ª importância			5ª importância			Total
	N	P	T	N	P	T	N	P	T	N	P	T	N	P	T	
Prospecção sísmica	4	5	20	6	4	24	1	3	3	-	-	-	-	-	-	47
Traineiras	6	5	30	3	4	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42
Fiscalização excessiva e autoritária	3	5	15	-	-	-	1	3	3	-	-	-	-	-	-	18
Rota dos rebocadores	-	-	-	1	4	4	4	3	12	-	-	-	-	-	-	16
Poluição	1	5	5	1	4	4	-	-	-	3	2	6	-	-	-	15
Defesos demais	1	5	5	-	-	-	1	3	3	-	-	-	-	-	-	8
Pescadores de fora	1	5	5	-	-	-	1	3	3	-	-	-	-	-	-	8
Barcos arrastões	-	-	-	1	4	4	1	3	3	-	-	-	-	-	-	7
Aracruz Celulose	-	-	-	-	-	-	2	3	6	-	-	-	-	-	-	6
Pescadores demais	-	-	-	-	-	-	1	3	3	1	2	2	-	-	-	5
Pesquisas que não resultam em nada para o pescador	1	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Unidade de conservação mal planejada	-	-	-	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Barcos lagosteiros	-	-	-	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Pescadores clandestinos	-	-	-	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Boca da barra	-	-	-	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Pescadores amadores	-	-	-	-	-	-	1	3	3	-	-	-	1	1	1	4
Apenas uma fábrica de gelo	-	-	-	-	-	-	1	3	3	-	-	-	-	-	-	3
Redes de fundo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	2
Navios de carga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	2

Percebe-se por esta análise que um dos principais problemas da atividade pesqueira na região está relacionado às atividades sísmicas, seguido pelo conflito com barcos denominados traineiras, provenientes de outros estados, que realizam a atividade de pesca industrial na região, exercendo grande pressão sobre os estoques de peixes disponíveis para os pescadores artesanais.

Neste aspecto, esse impacto foi classificado como sendo **indireto** e **negativo**, de **forte magnitude** e **grande importância** devido à elevada sensibilidade das comunidades em relação aos possíveis conflitos com a atividade sísmica. O impacto é ainda classificado como **imediate**, pois se manifesta mesmo antes do início da atividade, sendo de caráter cíclico, mas **permanente**, pois mesmo cessada esta atividade ele continua a se manifestar num horizonte de tempo desconhecido, e **irreversível** tendo em vista que, mesmo com a aplicação de um efetivo plano de comunicação social, o nível de expectativa em relação à atividade deve permanecer por longo tempo no cotidiano dos pescadores, principalmente se considerarmos o efeito cumulativo desse empreendimento com as demais atividades de E&P de hidrocarbonetos.

## IMPACTO 2

Fases	Aspecto Ambiental
Planejamento	Demanda de insumos e serviços
<b>IMPACTO EFETIVO: Geração de receita tributária</b>	

Os investimentos em aquisição de dados sísmicos marítimos para exploração de petróleo no Brasil, após a abertura do setor em 1997, alcançaram 200 milhões de dólares ao ano. Este volume representou um crescimento maior que 200% em relação à média da década anterior sob o monopólio da Petrobras (ONIP, 2003).

A aquisição de insumos e a contratação de serviços incorrem na geração de tributos de várias modalidades. Parcela significativa dos tributos gerados nos negócios da atividade compõe o ISS - Imposto Sobre Serviços, uma vez que grande parte das atividades de apoio e a própria atividade de pesquisa sísmica são terceirizadas. Considerando-se um investimento previsto da ordem de alguns milhões de reais, durante um período de aproximadamente 7 meses (dezembro de 2010 a junho de 2011), infere-se que deverá ser recolhido aos cofres públicos um volume significativo de recursos decorrentes da geração de tributos. Conforme já explicado, destaque especial para o ISS, uma vez que o maior volume de recursos financeiros deverá ser empregado no setor de serviços.



Com base nos dados de arrecadação tributária estadual de ISS e de ICMS, efetuado pela Petrobras em 2007, constata-se o elevado volume de recursos que a atividade de exploração petrolífera tem aportado em tributos no Espírito Santo. Segundo dados da Petrobras, em 2007 foram recolhidos R\$ 29.759.612,80, em ISS, e R\$ 678.451.916,24, em ICMS, para o Estado do Espírito Santo.

A geração de tributos é um impacto **positivo**, gerando recursos para a administração pública e para a economia, e de abrangência **estratégica** visto que existem tributos de competência federal, estadual e municipal, ocorrendo de forma **imediate**, simultaneamente à realização dos negócios. É ainda **direto** e **temporário**, uma vez que o prazo para sua manifestação é conhecido. Caracteriza-se como **reversível** visto que, cessada a atividade, cessa a arrecadação tributária que a gerou. Pode-se dimensionar como **fraca** a sua **magnitude**, comparativamente ao volume de recursos a serem despendidos com o empreendimento em questão e em função do pequeno período. Além disto, e com base na sensibilidade da arrecadação tributária a fluxos extras de dinheiro por conta de novos empreendimentos, classifica-se o presente impacto como de **médio grau de importância**. Cabe salientar que, em março de 2009, o Espírito Santo apresentou, em função da crise, o pior desempenho em nível nacional do setor industrial, com retração de 4,2% (-31,6% no primeiro trimestre), muito acima da média nacional (IBGE, 2009). Esse fato reforça a importância positiva deste impacto para o Estado.

### IMPACTO 3

Fases	Aspecto Ambiental
Planejamento	Demanda de insumos e serviços
<b>IMPACTO EFETIVO:</b> <b>Fortalecimento do setor de serviços de navegação e portuário</b>	

Embora a atividade de pesquisa sísmica esteja prevista para se desenrolar num período de aproximadamente apenas 7 meses, deve-se considerar que a sua realização poderá ocorrer simultaneamente com outras atividades de E&P em outros blocos, o que acarretará um aumento da demanda por serviços e instalações portuárias, em função da movimentação de materiais, insumos e equipamentos, além de produtos, para a manutenção das atividades, além de

peçoal. Isto contribuirá para aquecer os negócios no mercado de serviços e infraestrutura portuária, gerando, conseqüentemente, um crescimento no volume de recursos financeiros, impactando positivamente sobre o setor e a economia.

No caso da pesquisa sísmica objeto deste estudo, está previsto o uso das instalações e dos serviços portuários disponibilizados pelo porto da NITSHORE e Niterói-RJ, não sendo descartado também o uso do Terminal da CODESA em Vitória-ES, terminais esses de apoio às atividades de E&P de hidrocarbonetos.

O estímulo à atividade portuária de suporte à exploração petrolífera tende a incentivar a realização de novos negócios no segmento, ampliando a capacidade existente. A ampliação da infraestrutura atual, assim como a instalação de novos terminais de *supply*, poderá surgir a partir da dinamização da atividade exploratória, especialmente na região do litoral capixaba, onde se intensifica a atividade. É indiscutível que esta possibilidade decorre do efeito sinérgico dos empreendimentos previstos e daqueles em realização dentro da atividade de exploração petrolífera nessa região.

Outro aspecto a se considerar é que a manutenção da demanda por serviços de apoio, indiretamente, mantém aquecido o mercado da construção naval. Hoje os estaleiros nacionais contam com uma carteira de 338 obras, equivalente a cerca de US\$ 1 trilhão. O setor gera 45 mil empregos diretos e hoje detém a **primeira carteira do mundo na construção de embarcações de apoio**" (PORTOS E NAVIOS, 2009).

A demanda por serviços e instalações portuárias foi classificada como um impacto **positivo** porque envolve negócios e recursos que estimulam um segmento produtivo, sendo, porém, de **baixa magnitude** em função do porte do empreendimento que gerará uma baixa demanda por apoio. É também **direto** e **indireto**, de **prazo imediato, temporário** e **reversível**, devendo perdurar somente durante o período da atividade. Dada a previsão de demanda não exclusiva do Terminal da NITSHORE em Niterói, ou seja, considerando a possibilidade de uso o terminal da CODESA, instalado no município de Vitória, este impacto pode ser considerado como **regional**. Este impacto foi considerado

ainda de efeito cumulativo pela sinergia com as demais atividades de exploração e produção petrolífera que se apresentam atualmente e tendem a se ampliar na AGES (Área Geográfica do Espírito Santo).

Considerando-se a baixa sensibilidade do sistema portuário da região em foco, uma vez que ele se encontra bem estruturado e já possui um volume de negócios expressivo, este impacto foi classificado como de **pequeno grau de importância**.

#### **IMPACTO 4**

<b>Fases</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>
<b>Pesquisa Sísmica</b>	Operação dos canhões de ar
<b>IMPACTO EFETIVO:</b> <b>Interferência na comunidade planctônica</b>	

As comunidades planctônicas são representadas por organismos autotróficos e heterotróficos que estão em suspensão nas massas d'águas. Correspondem à base das redes tróficas dos ambientes aquáticos sendo vulneráveis e sensíveis a alterações de várias naturezas na coluna de água, reagindo rapidamente às mudanças ambientais e evidenciando a estrutura hidrológica das massas de água (TENENBAUM, 2006).

Alterações qualitativas e quantitativas na estrutura dessas comunidades interferem na produtividade primária e, conseqüentemente, na transferência energética dentro das teias e cadeias tróficas locais (SASSI & KUTNER, 1982).

Entre os componentes das comunidades planctônicas estão o nanoplâncton e o micropoplâncton responsáveis pela produção autotrófica e heterotrófica dos ambientes marinhos. O mesoplâncton e o macropoplâncton são constituídos principalmente por grandes consumidores do sistema pelágico e por larvas de diversos organismos, muitos deles sendo importantes recursos econômicos, como larvas de peixes e crustáceos (camarões e lagostas) que submetidos a impactos significativos podem comprometer renovações de estoques.

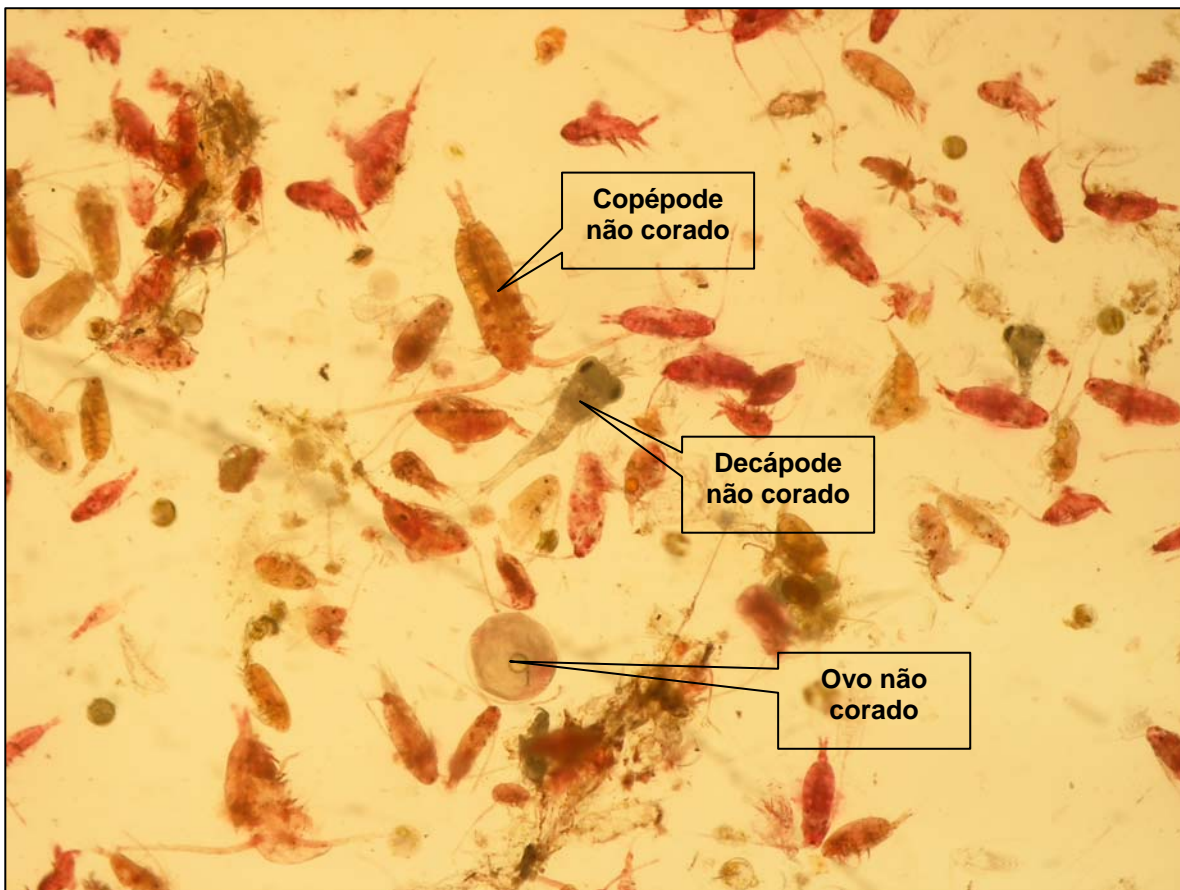
A pesquisa sísmica é o método mais comum e eficaz de se obter uma imagem bi e tridimensional do assoalho marinho objetivando identificar potenciais reservas de hidrocarbonetos, sem a necessidade da perfuração prévia de poços. Essa atividade, contudo, é realizada através da produção de uma onda sonora cuja energia interage com os organismos marinhos, em especial no compartimento pelágico. Em geral, as avaliações de impactos realizadas em vários EIAs indicam letalidade dessas comunidades, mas devido à baixa produtividade da plataforma e talude da costa leste brasileira e o potencial reprodutivo das comunidades planctônicas, têm identificado esses impactos como de baixa intensidade (CEPEMAR, 2000).

Estudos realizados pelo GIA (2002) não indicaram efeito significativo sobre crustáceos e copépodos (macrozooplâncton) submetidos a experimentos *in situ* e laboratoriais com um arranjo de prospecção sísmica 2D composto por 4 *air guns*. Payne (2004) observou danos subletais em ovos e larvas de peixes e no zooplâncton expostos a distâncias inferiores a 5m. Outros estudos também indicam que a mortalidade de larvas e do zooplâncton causadas pela atividade sísmica não é significativa para o recrutamento em relação à mortalidade natural (GIA, 2002; CHRISTIAN *et al.*, 2003).

Segundo Vilaro (2006) boa parte dos efeitos deletérios observados no plâncton é explicada pela turbulência causada nas imediações do canhão de ar.

Recentemente o Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton do Instituto de Biologia da UFRJ está realizando experimentos utilizando corantes vitais para identificar o zooplâncton que estava vivo ou morto durante as amostragens simultâneas próximas aos canhões de ar e distantes 50m dos mesmos. Resultados preliminares (BONECKER, com. pess.) também não têm identificado diferenças significativas entre as densidades de indivíduos vivos e mortos nas duas condições experimentais (Figura II.5.2.2.1-1).

Considerando as informações disponíveis e os esforços no sentido de identificar os efeitos agudos da letalidade da comunidade planctônica submetida a atividade sísmica, o impacto da mortalidade da comunidade planctônica foi identificado como **direto e local** em função de sua localização na coluna d'água e proximidade dos canhões de ar, **negativo**, pois a mortalidade ainda não foi descartada pelos estudos realizados, diretamente associada à área de influência da atividade sísmica, de manifestação **imediate**, mas **temporário** e associado a passagem do navio sísmica, **reversível** em função da dinâmica e da rápida reestruturação da comunidade planctônica, de **fraca** magnitude e de **pequena importância**.



**Figura II.5.2.2.1-1** – Foto ilustrativa de uma amostra de plâncton corada com corante vital antes da fixação com formol. Observar indivíduos não corados que já estariam mortos antes da amostra coletada.

## IMPACTO 5

Fases	Aspecto Ambiental
Pesquisa Sísmica	Operação dos canhões de ar
<b>IMPACTO EFETIVO:</b> <b>Interferência na comunidade bentônica</b>	

De uma forma geral, os invertebrados presentes nas comunidades bentônicas carecem de estudos detalhados sobre os efeitos das pesquisas sísmicas sobre suas espécies, especialmente, sobre aquelas que representam recursos pesqueiros importantes, como é o caso de algumas espécies de crustáceos que ocorrem no litoral brasileiro, como o camarão.

Em um estudo recente realizado no litoral sul da Bahia, Andriguetto-Filho *et al.* (2005) verificaram que não ocorreu mortalidade ou sinais de desorientação em crustáceos expostos a disparos, no entanto, sinais leves de estresse foram observados nos camarões mais próximos a linha sísmica. Além disso, esses autores não observaram variações, usando o índice CPUE (captura por unidade de esforço), que não pudessem ser explicadas por fatores ambientais.

Um outro estudo, utilizando do mesmo índice CPUE, avaliou os resultados de captura de lagostas (crustáceos bentônicos que vivem em substratos duros) ao longo de uma série histórica para o sul da Austrália (PARRY & GASON, 2006). Esses autores também não puderam estabelecer uma relação direta entre os momentos de pesquisa sísmica e alterações nas taxas de captura das lagostas.

Os resultados apresentados por esses autores poderiam levar a conclusão de que as atividades de pesquisa sísmica não influenciam as comunidades bentônicas, especialmente, as populações de invertebrados de interesse pesqueiro (sejam de subsistência, artesanal ou industrial). No entanto, como colocado por Moriyasu *et al.* (2004), após analisar um número razoável de estudos sobre efeitos da pesquisa sísmica sobre invertebrados, não há evidências científicas para definir possíveis conclusões sobre os efeitos da pesquisa sísmica sobre os invertebrados das comunidades bentônicas. Além disso, consideram um



erro importante não se considerar os possíveis impactos potenciais sobre essa comunidade. Somando-se a isso, Vilaro (2006) afirma que o uso de dados de captura possa não representar um método adequado para verificar se possíveis variações, especialmente pequenas, estão relacionadas às atividades de pesquisa sísmica.

Considerando as informações existentes na literatura avaliada, podemos esperar um impacto **negativo, direto, imediato e localizado**, no entanto, sendo um impacto de **fraca magnitude, temporário e reversível**, em se tratando de estrutura de comunidade. Devido à baixa sensibilidade dos organismos, apesar da área apresentar importantes bancos camaroneiros próximo a costa, classifica-se esse impacto como de **pequena importância**.

### **IMPACTO 6**

<b>Fases</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>
<b>Pesquisa Sísmica</b>	Operação dos canhões de ar
<b>IMPACTO EFETIVO:</b> <b>Interferência na ictiofauna marinha pelágica e demersal</b>	

A movimentação do navio sísmico bem como dos barcos de apoio é considerada uma fonte de geração de ruídos em função de seus motores de propulsão, que podem produzir algum tipo de perturbação na ictiofauna marinha. Gordon *et al.* (2004) cita que a navegação de um navio sísmico é capaz de produzir ruídos de baixa frequência, alcançando valores de cerca de 50 Hz em seu limite superior de emissão. Por sua vez, Gausland (2003) afirma que os superpetroleiros podem produzir ruídos de até 180 dB re 1  $\mu$ Pa/Hz a 1 metro da fonte. Esses ruídos são considerados, entretanto, insignificantes quando comparados àqueles gerados pelo uso dos canhões de ar comprimido na atividade sísmica.

Segundo Gausland (2000), o menor limite de detecção auditiva para o ouvido humano corresponde a um nível de pressão de 20,4  $\mu\text{Pa}$ . Este valor é usado como pressão de referência para medições acústicas no ar. Por sua vez, na água a pressão de referência é de 1,0  $\mu\text{Pa}$  e em função da elevada impedância acústica na água, intensidades sonoras similares geram uma pressão cerca de 62 vezes menor do que no ar, o que equivale a uma diferença de 35,6 dB. Segundo Hawkins *apud* Engas *et al.* (1996), para que os peixes detectem um estímulo sonoro, este deverá exceder o nível de ruído do próprio ambiente (cerca de 80-90 dB re 1  $\mu\text{Pa Hz}^{-1}$  em mar aberto) em cerca de 20 dB.

Usualmente, peixes e mamíferos marinhos utilizam o som para comunicação, navegação e percepção do meio (sensibilidade). Mais de 50 diferentes famílias de peixes possuem espécies produtoras de sons. A frequência usada pelas espécies marinhas varia dentro de um grande espectro, sendo que os peixes normalmente geram sons cujas frequências variam de 50 a 3000 Hz (GAUSLAND, 2000).

Segundo Thomson (2000), os peixes possuem dois sistemas de percepção do som: através do ouvido e da linha lateral. Ambos os sistemas possuem receptores cujas inervações estão próximas a mesma região do cérebro. A linha lateral dos peixes responde a movimentação da massa d'água circundante (exemplo: vibração) e detecta sinais próximos do indivíduo. Por sua vez, o ouvido dos peixes responde ao som de variadas frequências (30 a 1000 Hz) e podem detectar sinais a grandes distâncias. Apesar do variado espectro de frequências, a maioria dos peixes marinhos possuem maior sensibilidade auditiva na frequência variando de 500-800 Hz. Exceções estão restritas a algumas espécies de clupeídeos capazes de ouvir frequências acima de 200.000Hz (ultrassom), estando, portanto, aptos a detectar sons produzidos por mamíferos marinhos predadores. Desta forma, a grande diversidade de espécies de peixes do ambiente marinho traduz-se em uma grande variação na sensibilidade auditiva (VILARDO, 2006). Entretanto, considera-se que os peixes possuem uma boa audição de baixa frequência, o que os habilita a ouvir os disparos sísmicos a vários quilômetros de distância da fonte de disparo.



Independente da capacidade auditiva de cada espécie são as células sensoriais presentes na linha lateral e no ouvido dos peixes as principais estruturas responsáveis por converter sinais mecânicos (acústicos ou hidrodinâmicos) em sinais compatíveis com o sistema nervoso. Desta forma, a variação da frequência dos sinais emitidos durante os estudos de aquisição de dados sísmicos coincide com a emissão de sons (audiograma) de muitas espécies marinhas, e podem desta forma, interferir com o seu comportamento normal. Vilar do (2006) descreve que a energia sonora liberada pelos canhões de ar durante a aquisição de dados sísmicos pode interagir com os animais marinhos de diversas formas, dependendo do nível de energia sonora (amplitude) recebida e de outras características do pulso sonoro, como por exemplo, o tempo de subida e descida do sinal.

Diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de avaliar o real impacto das atividades de aquisição de dados sísmicos sobre o meio biótico, muitos dos quais com efeitos distintos em diferentes grupos de animais (VILARDO, 2006).

Segundo Caldwell e Dragoset (2000), a energia emitida pelos canhões de ar após um disparo é concentrada verticalmente para baixo (em direção ao fundo marítimo) e atenuada ao máximo para cima, em direção à superfície. Por sua vez, o nível da amplitude emitida horizontalmente é tipicamente menor (cerca de 20 dB) que aquela emitida verticalmente, com valores intermediários podendo ser detectados em função dos ângulos de propagação do sinal.

Larson *apud* Gausland (2003) descreve que a mortalidade de peixes pode ocorrer quando o pulso sonoro atinge pressão de pico superior a 229 dB re 1  $\mu\text{Pa}/\text{Hz}$  e o tempo de subida e descida do sinal é menor que 1 milissegundo. Cabe lembrar aqui, que as máximas amplitudes pico a pico, na vertical e na horizontal, para o arranjo proposto neste empreendimento, são de, respectivamente, 212,3 e 146,6 dB re 1  $\mu\text{Pa}/\text{Hz}$  a 1m da fonte

Relatos de Gordon *et al* (2004) demonstram que a detonação de canhões de ar pode até alcançar níveis de pico desta magnitude, entretanto, o tempo de subida e descida do sinal sísmico é mais lento (em torno de 6 milissegundos), tornando improvável a ocorrência de mortalidade de organismos adultos. Vilardo (2006) relata inclusive a inexistência de registros na literatura científica, de qualquer estudo que comprove que as pesquisas sísmicas são capazes de provocar a mortandade de peixes. Estudos realizados pelo Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA, 2004) da Universidade Federal do Paraná objetivando simular o cenário de pior caso quanto aos impactos sobre a ictiofauna para pesquisas sísmicas de águas rasas (até 50m de profundidade), não revelaram mortalidade ou danos agudos para nenhuma das espécies de peixes analisadas.

Usualmente, o impacto da atividade sísmica sobre populações de peixes costuma ser focado nos efeitos não letais de mudança comportamental frente ao distúrbio, dentre os quais se destaca a possibilidade de interrupção da atividade de desova (caso a atividade sísmica seja realizada próxima as áreas utilizadas pelos peixes para este fim) (ROGERS & STOCKS, 2001).

Engas *et al.* (1996), em estudo realizado no Mar do Norte, mais precisamente na plataforma continental da Noruega (Mar de Barents), correlacionaram a realização de levantamentos sísmicos na região com a redução na captura de bacalhau (*Gadus morhua*) e hadoque (*Melanogrammus aeglefinus*) antes, durante e após a realização da pesquisa sísmica. Os autores citam que a atividade de disparo dos canhões de ar afetou a distribuição, abundância local e taxa de captura das espécies, com redução média variando de 45 a 64% dentro da área de pesquisa sísmica, e de 16 a 50% fora da área central da pesquisa sísmica. Os mesmos autores relatam ainda a ausência de recuperação em 5 dias após o término da aquisição.

Por sua vez, Rogers e Stocks (2001) citam que, embora os efeitos da atividade sísmica sobre peixes possam resultar meramente na redistribuição temporária dos peixes em determinadas áreas durante períodos específicos do ano, este efeito poderá ser potencializado e acarretar a interrupção da desova de

diferentes espécies. Ainda segundo os autores, embora não existam evidências que comprovem que a aquisição de dados sísmicos possa impactar o sucesso da desova em peixes, existe uma preocupação quanto ao uso cauteloso dos disparos dos canhões de ar. Desta forma, algumas licenças ambientais vem impondo que seja evitada a aquisição de dados sísmicos em determinados períodos do ano (por exemplo, durante os períodos de defeso).

Os impactos sobre peixes quando dos disparos de canhões de ar para aquisição de dados sísmicos são de efeito geralmente transitórios, exceto quando muito próximos da fonte de emissão sonora, onde efeitos físicos auditivos e não auditivos podem ser detectados. Usualmente, os disparos sísmicos costumam resultar em um afastamento do peixe da fonte de ruído. Por sua vez, mudanças comportamentais costumam cessar durante o período de exposição, algumas vezes minutos após o início da atividade de disparo dos canhões de ar, indicando uma habituação da espécie ao ruído.

Com o objetivo de investigar os efeitos metabólicos da aquisição de dados sísmicos sobre a ictiofauna, Santulli *et al* (1999) expuseram indivíduos de *Dicentrarchus labrax* (robalo europeu) dispostos em gaiolas no fundo do mar, a disparos de canhões de ar por navios sísmicos, na tentativa de verificar a provável indução de estresse bioquímico frente a exposição. Apesar de terem sido identificadas variações nos níveis de resposta primária e secundária de alguns marcadores bioquímicos como o cortisol, glicose, lactato, AMP, ADP, ATP e cAMP em diferentes tecidos da espécie estudada, estes retornaram aos níveis fisiológicos considerados normais dentro de 72 horas, indicando uma recuperação de homeostase após o estresse acústico.

Por sua vez, McCauley *et al.* (2000b) realizaram experimentos de exposição de diferentes espécies de peixes a variados níveis de intensidade sonora emitidos por canhões de ar, objetivando analisar os efeitos comportamentais, fisiológicos e patológicos sobre as espécies. Para avaliação fisiológica, amostras de sangue de peixes expostos a diferentes intensidades de ruídos, foram coletadas para determinação da concentração de cortisol e glicose. O cortisol é um hormônio primário de estresse, liberado imediatamente após a aplicação de um agente

estressor. Por sua vez, a glicose no plasma sanguíneo funciona como um indicador de estresse secundário, produzido em resposta à liberação de um hormônio de estresse primário. A determinação da concentração destes componentes no sangue fornece uma indicação da severidade da exposição recente aos disparos dos canhões de ar como agente indutor de estresse. Seus resultados não mostraram aumentos significativos na concentração destes componentes no plasma sanguíneo quando comparados a experimentos controle (sem exposição aos disparos dos canhões de ar).

McCauley *et al.* (2000a), realizou ensaios experimentais com *Pagrus auratus*, expondo os peixes próximos a canhões de ar e realizando disparos com o intuito de avaliar os efeitos sobre o comportamento, a fisiologia e as condições patológicas das espécies estudadas. Seus resultados mostraram:

- 1) Uma resposta de susto frente aos disparos;
- 2) Uma resposta maior de susto para peixes menores com um aumento no nível do disparo de ar acima de 156-161 dB re 1 $\mu$ Pa rms;
- 3) Habituação aos disparos com o passar do tempo;
- 4) Aumento do uso da porção inferior dos tanques de experimento durante os períodos de operação dos canhões de ar;
- 5) Tendência das espécies, em alguns experimentos, de nadarem mais rápido e de formação de pequenos grupos durante os períodos de elevados níveis de disparo;
- 6) Comportamento geral de resposta dos peixes de se deslocarem para o fundo ou centro do tanque nos períodos de maior exposição (acima de 156-161 dB re 1 $\mu$ Pa rms);
- 7) Retorno ao modelo de comportamento normal de 14 a 30 minutos após terminados os disparos;
- 8) Aumento no estresse fisiológico não significativo com a exposição aos canhões de ar.

Ainda segundo estes mesmos autores, acima de 171 dB re 1 $\mu$ Pa rms, há um rápido aumento no deslocamento do sistema otólito-mácula presente no ouvido interno dos peixes, sugerindo um comportamento associado de resposta frente aos disparos dos canhões de ar. Os autores também citam que otólitos de pequeno tamanho seriam mais sensíveis às ondas sonoras emitidas pelos disparos, quando comparados a grandes otólitos. Em contrapartida, estes otólitos de menor tamanho apresentariam maior capacidade de retornar rapidamente à sua posição original após a recepção das vibrações acústicas quando comparados a grandes otólitos, sugerindo que os primeiros sofreriam riscos mecânicos menores frente aos disparos dos canhões de ar.

Objetivando avaliar os possíveis danos teciduais causados pelos disparos de canhões de ar no meio ambiente marinho, o Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais da UFPR (GIA, 2004) realizaram uma série de experimentos com *Lutjanus synagris* (ariocó) *Lutjanus analis* (cioba) e *Chaetodipterus faber* (parú). Os peixes foram expostos, dentro de gaiolas, a disparos sísmicos realizados a partir de diferentes distâncias da fonte sonora. Posteriormente, amostras teciduais da bexiga natatória, fígado e brânquias submetidos ao estresse durante diferentes períodos de exposição, foram coletadas para investigação histopatológica no nível de microscopia óptica. Seus resultados mostraram que não houve alteração tecidual na bexiga natatória e nas brânquias. Por sua vez, foram observadas alterações no tecido hepático das espécies expostas (acúmulo de água no citoplasma, necrose de coagulação, presença anormal de pigmentos biliares e presença de vacúolos intracitoplasmáticos nos hepatócitos) até uma distância horizontal de 50 m em relação à fonte geradora de ondas sísmicas. No entanto, estas alterações foram consideradas reversíveis ao final do período de estudo, sendo que apenas a presença de vacúolos intracitoplasmáticos em hepatócitos foi considerada significativamente maior nos peixes da área de exposição quando comparados àqueles da área controle. Os autores concluem que “Os peixes da região não sofreram qualquer alteração patológica em função da citada atividade”.

Segundo Gauldie e Nelson (1990) e Lombarte (1992), os peixes utilizam o sistema do labirinto de seu ouvido interno para a percepção de sons. Este sistema compreende um conjunto de órgãos lateralmente pareados (ouvido direito e esquerdo) que contem em seu interior, concreções de carbonato de cálcio denominadas de otólitos. Cada otólito está contido em uma cavidade preenchida com um fluido e revestida por um tecido conectivo. Este tecido constitui um epitélio sensorial denominado mácula que por sua vez está em contato com células nervosas sensoriais que produzem uma resposta elétrica proporcional ao estímulo do ambiente, encaminhando este impulso nervoso para o cérebro. Desta forma, como o otólito está acoplado à mácula por uma substância gelatinosa, cada movimento do otólito resulta em uma força aplicada contra a mácula que por sua vez traduz em um estímulo nervoso, produzindo uma resposta frente a um estímulo.

Partindo da premissa de que uma sobre-estimulação sonora poderia produzir danos mecânicos sobre a mácula e sobre as células sensoriais, e conseqüentemente alterando o sistema auditivo dos peixes, McCauley *et al* (2000b), coletaram amostras do tecido macular de *Chrysophrys auratus* expostos a diferentes intensidades de disparos de canhões de ar e analisaram sua ultraestrutura por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados mostraram que para os espécimes expostos ao equivalente a 193 dB re 1 $\mu$ Pa rms, é possível constatar a remoção de células da mácula em quantidade significativamente superior à do experimento controle (mais regiões de danos). Entretanto, a presença de estruturas filamentosas identificadas nas regiões afetadas seriam um indicativo de parte de uma resposta inflamatória de reparo frente ao dano, não sendo possível, entretanto, estabelecer o regime de exposição necessário para a produção de danos no tecido da mácula. Cabe lembrar que os peixes expostos foram forçados a permanecer expostos aos disparos em gaiolas, não sendo permitido o afastamento do ruído.

De acordo com estudos realizados pelo Departamento de Recursos Minerais e Petróleo do Governo Australiano (WADMPR, 2000), acredita-se que os distúrbios provocados sobre peixes cessem a níveis de ruídos abaixo de 180 dB re 1 $\mu$ Pa. Embora existam algumas evidências que sugerem que as pesquisas sísmicas possam causar danos físicos aos peixes, por exemplo, para o sistema

auditivo, não existem evidências de mortalidade direta resultante de disparos sísmicos. Da mesma forma, a intensidade e frequência do ruído capaz de provocar a morte de peixes ou outros efeitos patológicos ainda não foi bem quantificada pela literatura científica.

Com relação ao comportamento da ictiofauna frente aos disparos de canhões de ar para a aquisição de dados sísmicos, segundo Parry e Gason (2006), os peixes são capazes de detectar a onda sonora e podem responder aos disparos sísmicos com comportamento de “susto” ou alarme. Com um ruído típico produzido por um disparo de canhão de ar (250-255 dB re 1 $\mu$ Pa) os peixes tendem a apresentar um comportamento-resposta de “susto” ou alarme variando de 3 até 10 Km de distância da fonte sísmica, embora sejam capazes de detectar sons acima de 30-100 Km desta mesma fonte.

De acordo com McCauley *et al* (2000a), os disparos de canhões de ar podem alterar o comportamento de peixes demersais, que aumentariam a velocidade de natação e se deslocariam para áreas mais profundas na coluna d'água, como forma de evitar o som, buscando refúgios. Os resultados conduzidos por seus experimentos mostraram que a partir de 156 dB re 1 $\mu$ Pa rms, os peixes incrementam seu comportamento natatório (velocidade e aumento de profundidade). A partir dos níveis de intensidade sonora em torno de 161-168 dB re 1 $\mu$ Pa rms, espera-se ocorrer um comportamento no qual os peixes evitem a fonte sonora dos canhões de ar. Entretanto, deve-se considerar que fatores como o arranjo dos canhões de ar e o ambiente local podem influenciar na distância na qual a sensibilidade das espécies é potencializada. Por sua vez, níveis de ruído acima de 171 dB re 1 $\mu$ Pa rms provocariam um aumento na resposta do sistema mácula-otólito.

Segundo a literatura consultada, peixes recifais não são facilmente assustados com os disparos sísmicos. Wardle *et al.* (2001) não encontraram evidências de que peixes de recifes deslocam-se para fora de suas áreas recifes, apesar de apresentarem um comportamento de susto quando os canhões de ar são descarregados. Observando peixes marinhos de um recife expostos a disparos de canhões de ar (195 a 218 dB re to 1 mPa) esses mesmos autores constataram que nenhuma das espécies visualizadas mostrou qualquer sinal de



movimento para longe dos recifes, concluindo que os disparos tiveram pouco efeito no comportamento do dia-a-dia dos peixes residentes. Sabidamente, os recifes constituem uma complexa estrutura que oferece refúgio, alimento e locais de deposição de ovos e assentamento larval para inúmeras espécies.

A elevada diversidade de espécies recifais descritas para a região de realização das pesquisas sísmicas inclui peixes ameaçados de extinção (o lambarú *Ginglymostoma cirratum*, o gobi limpador *Elacatinus figaro*, o grama *Gramma brasiliensis* e o cação-viola *Rhinobatus horkelli*), ameaçadas de sobre-exploração (enchova *Pomatomus saltatrix*, as garoupas *Epinephelus morio* e *E. niveatus*, os badejos *Mycteroperca marginata*, *M. bonaci* e *M. microlepis*, o mero *Epinephelus itajara*, os vermelhos *Lutjanus analis*, *L. chrysurus*, *L. cyanopterus* e *Rhomboplites aurorubens* e os cavalo-marinhos *Hippocampus reidi* e *H. erectus*) e outras de grande interesse comercial (badejos *M. acutirostris*, *M. bonaci*, *M. marginata*, as garoupas *E. niveatus* e *E. itajara*, os vermelhos *L. jocu*, *L. synagris*, *L. chrysurus*, *L. cyanopterus* e *L. alexandrei*, os carangídeos, conhecidos como xáreis e xixarros, *Carans crysos*, *C. latus*, *C. hippos* e *C. bartholomaei*, o boca de velho *Haemulon plumierii* e o haemulídeo *Haemulon parra* e o peroá *Balistes vetula*). Entretanto, considerando-se as evidências científicas consultadas que comprovam que a aquisição de dados sísmicos não é capaz de afetar negativamente a ictiofauna presente em recifes, considera-se que as espécies aí residentes não são passíveis de sofrerem danos.

Diferentemente, Slotte *et al.* (2004) descreveram que as pesquisa sísmicas são capazes de alterar a distribuição da ictiofauna pelágica na coluna d'água, alegando que peixes pelágicos são mais abundantes fora do que dentro da área de pesquisa sísmica. Os mesmos autores observaram que espécies pelágicas são encontradas em águas mais profundas nos períodos de disparo, quando comparados aos períodos sem disparo dos canhões de ar, o que poderia indicar que a migração vertical, e não o deslocamento horizontal seria a primeira reação ao ruído. Neste mesmo trabalho os autores citam que a densidade de peixes é claramente menor dentro da área onde ocorrem os disparos, com aumento da abundância na medida em que se aumenta a distância da fonte sísmica.



Segundo Thomson *et al.* (2000), curtas exposições a ondas sonoras de elevadas intensidades de energia (exposição aguda) ou então longas exposições a baixas intensidades de energia (exposição crônica) são capazes de causar diferentes níveis de alterações na capacidade auditiva ou efeitos comportamentais nos peixes. Geralmente os peixes aumentam a velocidade de natação e tendem a adquirir formações mais agrupadas dos cardumes com o aumento da aproximação e da intensidade dos disparos dos canhões de ar. Resultados semelhantes e complementares foram descritos por Dalen e Knutsen (1986 *apud* VILARDO, 2006), que identificaram um aumento na captura de peixes demersais por arrasto em relação ao período pré-sísmica, tendo associado os resultados a um possível deslocamento das espécies, que passaram a concentrar-se no fundo. Por sua vez, Turnpenny e Nedwell (1994) descrevem que o comportamento de aproximação do fundo estaria relacionado à redução da intensidade sonora recebida, seja pelo simples afastamento do canhão de ar, seja pelo aumento da pressão sobre a bexiga natatória, dificultando a ressonância das baixas frequências.

Observando os resultados da modelagem de decaimento sonoro realizada para o presente estudo sísmico, percebe-se que as máximas amplitudes pico a pico na vertical e na horizontal são de 212,3 e 146,6 dB re 1  $\mu$ Pa/Hz respectivamente, sentidos a menos de 1m da fonte. Considerando o comportamento de mobilidade da maioria dos peixes marinhos com ocorrência registrada para região, espera-se que os mesmos afastem-se da fonte de ruídos, reduzindo conseqüentemente sua exposição e minimizando a probabilidade da ocorrência de impactos letais sobre os espécimes. Importante salientar que a habituação aos pulsos sísmicos pela diminuição do comportamento de “susto” e alarme ao longo do tempo de exposição também é descrito na literatura (GIA, 2004). Este comportamento de “susto” e alarme foi citado por Wardle *et al.* (1998; 2001) que descreve um comportamento singular das espécies estudadas a cada disparo de canhões de ar, consistindo em uma rápida curvatura lateral do corpo e posterior retorno a posição normal de natação. Os autores denominaram este comportamento de “C-start” (susto-C) e descrevem que após o retorno a posição normal do corpo, os peixes continuaram o deslocamento na direção anteriormente seguida.

As espécies pelágicas descritas para a região da pesquisa sísmica podem ser agrupadas em epi-pelágicas (presentes da superfície até os 200m de profundidade) como, por exemplo, o baiacú (*Diodon holocanthus*), Myctophidae (*Diaphus* spp., *Lepidophanes guentheri*, *Myctophum obtusirostre*), Balistidae (*Balistes capriscus*), Engraulidae (*Engraulis anchoita*), Emmelichthyidae (*Erythrocles monodi*), Trichiuridae (*Trichiurus lepturus*), Monacanthidae (*Aluterus monocerus*) e meso-pelágicas (presentes dos 200m aos 1000m de profundidade) como por exemplo os representantes das famílias Sternoptychidae (*Maurolicus stehmanni*, *Polyipnus laternatus*) e Myctophidae (*Diaphus* spp.). Considerando que o principal comportamento da ictiofauna pelágica verificado nos estudos científicos de avaliação dos impactos da atividade de aquisição de dados sísmicos é o de afastamento da fonte sonora, considera-se que as espécies aí residentes apresentam um baixo risco de sofrerem danos.

Com base no que foi descrito acima, pode-se concluir que o efeito dos disparos das fontes sonoras sobre a ictiofauna marinha é, portanto, **negativo e direto**. A abrangência é **local**, limitada à área de influência e próxima ao navio. A duração é **temporária**, podendo ocorrer durante toda a atividade de aquisição de dados sísmicos, é **imediate** e considera-se **reversível**. Considera-se, portanto, de **média magnitude e importância**.

### **IMPACTO 7**

<b>Fases</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>
<b>Pesquisa Sísmica</b>	Operação dos canhões de ar
<b>IMPACTO EFETIVO: Interferência na comunidade de quelônios</b>	

A atividade de exploração e produção de petróleo e gás gera ruídos decorrentes das suas operações de rotina. Os ruídos produzidos pelas atividades geram efeitos não somente sobre a superfície do mar, mas também abaixo dela, considerando que a água é uma boa transmissora de sons de baixa frequência (0,1 a 100 Hz). Destaca-se também o fato de que o som se desloca cinco vezes mais rápido na água do que no ar e ruídos de baixa frequência atingem distâncias maiores (EVAN & NICE, 1996).

Estudos relacionados ao efeito de ondas sonoras sobre a comunidade marinha estão mais concentrados nos efeitos relacionados aos levantamentos sísmicos, e pode-se considerar que os quelônios são potencialmente vulneráveis às diversas perturbações sonoras produzidas nesse ambiente.

Os potenciais efeitos que têm merecido especial atenção são: (i) interferência que o ruído sonoro pode causar no ambiente, afetando a habilidade dos animais para detectar o som de co-específicos ou impedindo a detecção de importantes sons naturais; (ii) distúrbio no comportamento, com reações que podem variar de uma breve interrupção nas atividades tendo como consequência uma modificação de rota de migração; e (iii) danos ao sistema auditivo, com temporária ou permanente redução da sensibilidade acústica (RICHARDSON *et al.*, 1995; GOURJÃO *et al.*, 2004).

Para muitas embarcações e plataformas o efeito dos seus ruídos sobre os quelônios podem ocorrer a quilômetros de distância da fonte de distúrbio. Dessa forma, considerando-se todas as atividades de perfuração e produção *offshore* de hidrocarbonetos desenvolvidas simultaneamente na região norte da Bacia do Espírito Santo, acredita-se em possíveis efeitos cumulativos destes impactos sobre essa comunidade. Entretanto, apesar do crescente desenvolvimento das atividades de E&P de hidrocarbonetos no litoral brasileiro nas últimas décadas, tem-se também verificado um aumento no número de desovas de tartarugas no litoral capixaba, o que reflete não só o sucesso das estratégias conservacionistas que vêm sendo adotadas pelos órgãos responsáveis (TAMAR, 2008), mas também a baixa interferência que as atividades de E&P de hidrocarbonetos podem apresentar sobre essa comunidade.

Os quelônios são considerados potencialmente vulneráveis às perturbações sonoras produzidas no ambiente marinho, entretanto, poucos são os estudos relacionados aos possíveis impactos das pesquisas sísmicas marítimas sobre este grupo. Mesmo assim, as atividades de pesquisa sísmica marinha costumam ser identificadas como atividades de risco potencial para esses organismos, especialmente quando muito próximo da fonte, caso o animal esteja posicionado logo abaixo dos arranjos de fontes sonoras e a intensidade do pulso seja máxima

em um primeiro instante, causando, conseqüentemente, a perda auditiva temporária ou permanente do animal. O impacto físico, nesse caso, pode ser severo (VILARDO, 2006).

Na AI ocorrem cinco das oito espécies de tartarugas marinhas existentes no mundo, além de no litoral defronte as área de sondagem existir uma importante área de desova da tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) e da tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*). Dentre os principais impactos das emissões sonoras provenientes dos disparos dos canhões de ar comprimido essas tartarugas, podem-se destacar: dano ao aparelho auditivo do animal (impacto físico) e a interferência em comportamentos biológicos importantes, tais como reprodução e alimentação.

De forma a compreender os impactos que a atividade de sísmica promove sobre os quelônios, abaixo são descritos efeitos físicos e comportamentais, com exemplos registrados em estudos em diferentes regiões do mundo.

#### Efeitos Físicos – Impacto Auditivo

Um dos efeitos físicos considerados devido ao impacto de emissões sonoras da atividade sísmica é classificado como impacto auditivo, que é definido como a perda de sensibilidade auditiva do animal ou alteração do limiar auditivo (*hearing threshold*). Esse efeito pode ser temporário (*Temporary Threshold Shift*) ou permanente (*Permanent Threshold Shift*) (KETTEN, 1998; VILARDO, 2006).

A *perda auditiva temporária*, embora possa ser recuperada após um período de descanso sem perturbação sonora, pode se tornar severa, em função da magnitude da alteração do limiar auditivo e/ou tempo necessário para recuperação da capacidade auditiva do animal após um evento de estresse sonoro. Já a *perda auditiva permanente* pode ser provocada por sucessivos eventos de perda auditiva temporária, sem o devido tempo de recuperação entre elas, ou pode ser causada por processos histopatológicos bem diferentes, sem associação com a perda auditiva temporária, através da exposição a sons de alta intensidade (KETTEN, 1998).

De maneira geral, os pulsos sísmicos possuem frequência entre 10 e 200 Hz, assim, apenas os animais que possuem capacidade auditiva nessa faixa de frequência é que podem ser afetados por atividades sísmicas (GAUSLAND, 2003). A fim de identificar os efeitos dessas emissões sobre os quelônios é preciso conhecer os padrões de audição de cada espécie para que medidas de conservação sejam tomadas durante atividades de sísmica. Dentre os poucos estudos realizados, RIDGWAY *et al.* (1969) encontraram para *C. mydas* frequências auditivas entre 300 e 400 Hz, enquanto MOEIN-BARTOL *et al.* (1999), para a espécie *C. caretta*, encontraram frequências auditivas entre 250 e 750 Hz, com pico de sensibilidade a 250 Hz. Apesar destas se encontrarem em faixas superiores aos sons emitidos pelos canhões de ar, a proximidade entre as faixas de som sugere que as tartarugas marinhas sejam capazes de ouvir pulsos sísmicos.

MOEIN *et al.* (1995), por exemplo, identificaram perda auditiva temporária em juvenis *C. caretta* para emissões sonoras de aproximadamente 177 dB re 1  $\mu$ Pa *rms*, com recuperação auditiva em duas semanas, entretanto, o comportamento relativo a recuperação auditiva pode estar relacionada a desistência de fuga, visto que o ambiente onde se encontrava o animal (tanque rede experimental) não permitia seu afastamento definitivo da fonte (MMS, 2004).

Considerando que todas as espécies que ocorrem no Brasil encontram-se ameaçadas de extinção, existe uma justificada preocupação na conservação desses animais em relação às operações de sísmica (VILARDO, 2006). Considerando que a intensidade do pulso sísmico decresce com a distância, e que ele precisa sobrepor-se ao ruído natural do ambiente para ser percebido pelo animal, os riscos de alteração do limiar auditivo geralmente se restringem às proximidades do arranjo de canhões de ar. Entretanto, o som produzido pelos canhões de ar ainda podem interferir na atividade de quelônios mascarando sons naturais do ambiente, embora DAVIS *et al.* (1998) acreditem que isso seja improvável devido ao tempo de interferência do pulso, que geralmente produz um segundo de perturbação no campo sonoro para mais de 10 segundos de ruído ambiente.

## Efeitos Físicos – Impactos Não Auditivos

Os impactos não auditivos são definidos como aqueles que causam danos aos tecidos e órgão dos animais, exceto os relacionados a audição, devido a propagação da onda sonora da atividade sísmica. Danos a tecidos e órgão de animais são bem documentados em organismos marinhos quando associados a explosões, entretanto, como a subida do pulso sísmico a partir de um canhão de ar é mais lento quando comparado a uma explosão, os riscos de lesões são menores, exceto se o animal estiver a poucos metros de distância da fonte sonora (GORDON *et al.*, 1998; MMS, 2004). Infelizmente não existem estudos que identifiquem danos a órgão e tecidos de tartarugas associados a atividade sísmica, e o fato de que animais encalhados em praias geralmente apresentem-se em adiantado estado de decomposição, o encontro dessas evidências torna-se ainda mais difícil.

## Efeitos Comportamentais

Alterações comportamentais de organismos marinhos associados à atividade sísmica geralmente são relacionadas a fuga, evitando os pulsos sísmicos próximos a fonte. Muitas vezes os impactos comportamentais também são registrados em decorrência das conseqüências do comprometimento do aparelho auditivo ou demais órgãos e tecidos em função da atividade de prospecção (RICHARDSON ET AL., 1995; KETTEN, 1998; HILDEBRAND, 2004).

McCauley *et al.* (2000b), em um estudo experimental sobre os efeitos da atividade sísmica utilizando gaiolas, observaram que os quelônios apresentaram um aumento na atividade de natação em amplitude sonora acima de 166 dB re 1  $\mu$ Pa *rms*, e comportamento mais errático a partir de 175 dB re 1  $\mu$ Pa *rms*, indicando que esse seria o nível em que tartarugas marinhas apresentariam comportamento de fuga. Os autores concluíram que em um arranjo típico de canhões de ar de uma operação sísmica esses níveis (166 dB re 1  $\mu$ Pa *rms* e 175 dB re 1  $\mu$ Pa *rms*) seriam atingidos a uma distância de aproximadamente dois e um quilômetros de distância da fonte, respectivamente. Entretanto, é importante frisar que o estudo foi realizado com reduzido número de indivíduos e observações.



McCauley *et al.* (op. cit.) consideram ainda que, como os habitats de tartarugas marinhas geralmente se restringem a profundidades de 20 metros, o comportamento da onda sonora produzida por um canhão a essa profundidade pode apresentar características diferentes, sendo potencializado, ou amenizado pelas características do fundo marinho. De maneira geral, os autores acreditam que tartarugas marinhas apresentam uma resposta de alarme a uma distância estimada de dois quilômetros, e um comportamento de fuga a um quilômetro de distância da fonte sonora sísmica.

Considerando os aspectos discutidos em relação aos impactos da atividade de prospecção sísmica sobre as populações de quelônios nessa região, os impactos seriam classificados como de efeito **direto**, **negativo** e **temporário**, pois estariam interferindo no comportamento desses organismos durante as operações. O impacto apresenta ainda abrangência **local**, podendo ser irreversível, quando considerados impactos auditivos que promovam a *perda auditiva permanente* e/ou encalhes de animais devido aos pulsos sísmicos. Contudo, considerando que ocorra apenas a *perda auditiva temporária* e/ou fuga de animais, e focando na estrutura da comunidade como um todo, o impacto é classificado como **reversível**. A magnitude foi classificada como **moderada**, pois apesar de a região ser uma área de trânsito normal de quelônios, na maior parte do tempo, não haverá coincidência entre o período da pesquisa sísmica e o período de reprodução das tartarugas e, quando foi indicada sobreposição desses períodos, as áreas a serem pesquisadas não se sobrepõem à área de restrição estabelecida pelo IBAMA. Neste aspecto, podemos destacar que a pesquisa sísmica na área do Complexo Golfinho (subáreas 1, 2, 3 e 4), onde se dá a coincidência do período de aquisição e de desova das tartarugas, encontra-se na maior parte afastada da costa e em lâmina d'água profunda (fora da área de restrição do IBAMA), o que minimiza os riscos de interferência. Já a pesquisa na área de Peroá-Cangoá e na subárea 5 do Complexo Golfinho, apesar da sobreposição com a área de restrição do IBAMA, o período dos levantamentos está fora do período de reprodução das tartarugas. O impacto ainda foi classificado como de prazo **imediate** e de **grande grau de importância**, devido ao status de conservação das espécies potencialmente afetadas na área do empreendimento.

## IMPACTO 8

Fases	Aspecto Ambiental
Pesquisa Sísmica	Operação dos canhões de ar
<b>IMPACTO EFETIVO:</b> <b>Interferência na comunidade de cetáceos</b>	

Estudos relacionados ao efeito de ondas sonoras sobre a comunidade marinha estão mais concentrados nos efeitos relacionados aos levantamentos sísmicos, e assim como os quelônios, os cetáceos são potencialmente vulneráveis às diversas perturbações sonoras produzidas nesse ambiente, os quais podem se destacar: (i) interferência do ruído sonoro no ambiente, afetando a habilidade dos animais para detectar o som de co-específicos e de pulsos de ecolocalização ou impedindo a detecção de importantes sons naturais; (ii) distúrbio no comportamento, com reações que podem variar de uma breve interrupção nas atividades sociais tendo como consequência uma modificação de rota de migração; e (iii) danos ao sistema auditivo, com temporária ou permanente redução da sensibilidade acústica (RICHARDSON *et al.*, 1995; GOURJÃO *et al.*, 2004).

A distância em que os cetáceos podem ser influenciados pode chegar a quilômetros da fonte do distúrbio e envolver a interrupção e/ou diminuição de suas atividades. Dessa forma, considerando-se todas as atividades de perfuração e produção *offshore* de hidrocarbonetos desenvolvidas simultaneamente na região norte da Bacia do Espírito Santo, acredita-se em possíveis efeitos cumulativos destes impactos sobre essa comunidade. Entretanto, apesar do crescente desenvolvimento das atividades de E&P de hidrocarbonetos no litoral brasileiro nas últimas décadas, tem-se também verificado um aumento no número de Baleias Jubarte que frequentam a região dos Abrolhos e norte do Espírito Santo, o que reflete não só o sucesso das estratégias conservacionistas que vêm sendo adotadas pelas instituições responsáveis (IBJ, 2008), mas também a baixa interferência que as atividades de E&P de hidrocarbonetos podem apresentar sobre essa comunidade.



Os cetáceos destacam-se dentre os grupos de animais marinhos que despertam maior preocupação com relação aos possíveis impactos decorrentes das emissões sonoras provenientes dos disparos dos canhões de ar de uma atividade sísmica. Os estudos realizados têm como base a hipótese de que o aumento do ruído no ambiente marinho possa ocasionar desde o bloqueio das comunicações de baleias e golfinhos por meio de suas características emissões sonoras de ecolocalização, danos fisiológicos aos sistemas sensoriais e a órgãos internos destes organismos, até alterações comportamentais (socialização e alimentação) (RICHARDSON *et al.*, 1995).

Estudos relacionados ao decaimento sonoro de pulsos sísmicos demonstraram distintas respostas por parte dos cetáceos, podendo ser considerados efeitos variados de acordo com as intensidades do pulso (potência e frequência). Os efeitos incluem a perda de audição, injúrias ou desconforto auditivo, perturbação ou impedimento de comunicação, além de distúrbios de orientação e alimentação (RICHARDSON *et al.*, 1995, RICHARDSON & WURSIG, 1997).

Entretanto, a faixa de intensidade do pulso sísmico que produz cada uma das conseqüências supracitadas é de difícil caracterização, pois varia de acordo com cada espécie. Na verdade, até o presente nenhum estudo comprovou qualquer associação direta dos disparos dos canhões de ar em atividades de pesquisa sísmica a danos na estrutura do aparato auditivo de cetáceos. A dificuldade de associar a magnitude das emissões sonoras da atividade sísmica a danos fisiológicos aos cetáceos está na carência de estudos experimentais com animais, devido ao alto custo que a logística apropriada apresenta, além das restrições existentes no que se refere à pesquisa com cetáceos vivos (GORDON *et al.*, 2004). No que se referem a animais encalhados em praias, na maioria das vezes estes se apresentam em adiantado estado de decomposição, dificultando o encontro de evidências desse tipo de impacto, e conseqüentemente a associar a *causa mortis* do animal com a atividade de sísmica (FREITAS NETTO & BARBOSA, 2003).

Mesmo assim, as atividades de pesquisa sísmica marinha costumam ser identificadas como atividades de risco potencial para estes organismos. O impacto físico pode ser severo quando muito próximo da fonte, isso ocorre caso o animal esteja posicionado logo abaixo dos arranjos de fontes sonoras e a intensidade do pulso seja máxima em um primeiro instante, causando, conseqüentemente, a perda auditiva temporária ou permanente do animal. Adicionalmente, a profundidade é um dos muitos fatores que influenciam a propagação do som na coluna d'água e, portanto, influencia na resposta dos mamíferos marinhos à atividade de aquisição de dados sísmicos (VILARDO, 2006).

Em suma, dentre os principais impactos das emissões sonoras provenientes dos disparos dos canhões de ar comprimido, pode-se destacar o dano ao aparelho auditivo do animal (impacto físico), e a interferência em comportamentos biológicos importantes dos cetáceos, tais como reprodução e alimentação. De forma a compreender os impactos que a atividade de sísmica promove sobre os cetáceos, abaixo são descritos efeitos físicos e comportamentais, além de exemplos da influência dessa atividade sobre esses animais registrados em estudos em diferentes regiões do mundo.

### Efeitos Físicos – Impacto Auditivo

Conforme já descrito na análise do impacto anterior, o efeito físico relacionado à perda de sensibilidade auditiva do animal ou alteração do limiar auditivo (*hearing threshold*), pode ser temporário (*Temporary Threshold Shift*) ou permanente (*Permanent Threshold Shift*) (KETTEN, 1998; VILARDO, 2006).

A fim de identificar os efeitos dessas emissões sobre os cetáceos é preciso conhecer os padrões de audição de cada espécie para que medidas de conservação sejam tomadas durante atividades de sísmica. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, os efeitos da sísmica sobre cetáceos ainda não são totalmente conhecidos, especialmente quando se trata de Mysticetos. Estudos indicam que Odontocetos ouvem em frequências mais agudas do espectro de audição do que os Mysticetos, que ouvem em frequências mais baixas. Isso explicaria o fato de que pequenos cetáceos podem ser encontrados nadando próximos a navios que operam em atividades de sísmica.

Na Tabela II.5.2.2.1-3 é apresentada uma lista de cetáceos que ocorrem na área de influência do empreendimento com informações sobre as suas respectivas faixas de audição. A tabela permite, ao mesmo tempo, comparar as faixas de audição das espécies de cetáceos com a faixa de frequência característica das atividades de sísmica.

**Tabela II.5.2.2.1-3 – Sobreposição das frequências auditivas de espécies de cetáceos que ocorrem na Bacia do Espírito Santo e bandas de emissão total e de pico de energia de um típico canhão de ar (adaptado de MMS, 2004).**

ESPÉCIE (NOME COMUM)	Amplitude de emissão sonora em um máximo nível (Pico de energia)	Amplitude de emissão sonora de um típico canhão de ar (Total)
	10 a 100 Hz	10 a 50.000 Hz
<i>Balaenoptera musculus</i> (baleia azul)	x	x
<i>Balaenoptera physalus</i> (baleia Fin)	x	
<i>Megaptera novaeangliae</i> (baleia Jubarte)	x	
<i>Balaenoptera acutorostrata</i> (baleia Minke)	x	x
<i>Balaenoptera borealis</i> (baleia Sei)		x
<i>Physeter macrocephalus</i> (cachalote)	x	x
<i>Stenella frontalis</i> (golfinho pintado do Atlântico)	x	x
<i>Tursiops truncatus</i> (golfinho-nariz-de-garrafa)		x
<i>Pseudorca crassidens</i> (Falsa Orca)*		
<i>Orcinus orca</i> (Orca)		x
<i>Peponocephala electra</i> (golfinho-cabeça-de-melão)*		
<i>Stenella attenuata</i> (golfinho pintado Pantropical)		x
<i>Globicephala macrorhynchus</i> (baleia-piloto-de-aletas-curtas)		x
<i>Steno bredanensis</i> (golfinho-de-dentes-rugosos)*		
<i>Stenella longirostris</i> (golfinho rotador)		x
<i>Stenella coeruleoalba</i> (golfinho listrado)		x
<i>Sotalia fluviatilis</i> (boto-cinza)*		
<i>Pontoporia blainvillei</i> (Franciscana)*		

\* Ausência de informação relativa às frequências auditivas das espécies.

Caldwell e Dragoset (2000) citam que o nível de pressão do som acima de 180 dB re 1  $\mu$ Pa/Hz é considerado como de potencial risco de dano auditivo em mamíferos marinhos, variando seus efeitos em função da espécie, da intensidade do pulso (potência e frequência), da profundidade local, do gradiente batimétrico, estado do mar, tipo de fundo, etc.

Considerando que a intensidade do pulso sísmico decresce com a distância, e que ele precisa sobrepor-se ao ruído natural do ambiente para ser percebido pelo animal, os riscos de alteração do limiar auditivo geralmente se restringem às proximidades do arranjo de canhões de ar. Entretanto, o som produzido pelos canhões de ar ainda podem interferir na atividade de cetáceos mascarando sons que o animal utiliza para suas atividades de sobrevivência, como a comunicação e ecolocalização (GORDON *et al.*, 2004), embora DAVIS *et al.* (1998) acreditem que isso seja improvável devido ao tempo de interferência do pulso, que geralmente produz um segundo de perturbação no campo sonoro para mais de 10 segundos de ruído ambiente.

GORDON *et al.* (2004) ainda postulam que em maiores distâncias os sons de baixa frequência podem se propagar, refletindo e se ampliando no tempo, de modo a causar mascaramento e afetar os Mysticetos em especial, em função de sua faixa de audição.

### Efeitos Físicos – Impactos Não Auditivos

Os impactos não auditivos são definidos como aqueles que causam danos aos tecidos e órgãos dos animais, exceto os relacionados a audição, devido a propagação da onda sonora da atividade sísmica. Danos a tecidos e órgãos de animais são bem documentados em organismos marinhos quando associados a explosões, entretanto, como a subida do pulso sísmico a partir de um canhão de ar é mais lento quando comparado a uma explosão, os riscos de lesões são menores, exceto se o animal estiver a poucos metros de distância da fonte sonora (GORDON *et al.*, 1998; MMS, 2004).

Apesar da carência de estudos relativos ao efeito da atividade sísmica sobre tecidos e órgãos de cetáceos, a proliferação de bolhas dentro de tecidos de animais é uma hipótese real, seja pela exposição a níveis anormais de ruído, ou pela rápida subida a superfície em resposta ao ruído, pode causar efeitos semelhantes à doença descompressiva que ocorre em humanos (CRUM *et al.*, 2005).

### Efeitos Comportamentais

Alterações comportamentais de cetáceos associados a atividade sísmica geralmente são relacionadas a fuga, mudanças no padrão de vocalização e respiração (RICHARDSON *et al.*, 1995; HILDEBRAND, 2004). VILARDO (2006) relata que apesar dessas evidências terem sido registradas, e até quais os níveis sonoros que produzem reações em cetáceos, a compreensão desses efeitos em seus ciclos de vida ainda é incipiente.

ENGEL *et al.* (2004) questionaram a responsabilidade de encalhes de Jubarte devido a operações de sísmica próximo a região de Abrolhos (Bahia), embora o próprio estudo tenha salientado a dificuldade de se estabelecer conexão entre os eventos e a atividade. Apesar de animais terem sido encontrados encalhados a 90 km de distância de uma atividade sísmica, conforme mencionado anteriormente, o estado em que os animais se encontram quando chegam a costa geralmente não permite a definição da *causa mortis*.

Outra teoria muito discutida atualmente considera o gasto energético que os cetáceos empregam quando expostos aos impactos de ondas sonoras provenientes de atividades sísmicas, ou seja, as alterações comportamentais devido ao pulso sísmico provocam um gasto energético que seria originalmente utilizado para as atividades corriqueiras do animal (e.g. alimentação, deslocamento, socialização). O fato dos organismos na natureza normalmente não se encontrarem em um ótimo energético, devido à competição e escassez de alimentos, por exemplo, torna o efeito mais drástico para as populações de cetáceos em áreas onde ocorrem atividades de sísmica (VILARDO, 2006).

## Registros da Interferência da Atividade Sísmica sobre Cetáceos

GOOLD (1996) monitorou um grupo de golfinhos comum (*Delphinus delphis*) antes, durante e depois de um levantamento sísmico no sul do Mar da Irlanda. A atividade utilizou canhões de ar de 2120 pol<sup>3</sup> e foi observado que os animais apresentaram reação de fuga a partir de 1-2 quilômetros de distância do navio de sísmica. Entretanto, esse estudo utilizou canhões de ar de tamanho menor do que os normalmente utilizados em prospecções de sísmica, dessa forma, a distância em que os animais apresentam comportamento de fuga pode estar subestimado.

EVANS *et al.* (1993) também monitoraram pequenos cetáceos no Mar da Irlanda anteriormente, durante e depois de uma atividade sísmica, e, embora tenham observado a movimentação de golfinhos-nariz-de-garrafa (*T. truncatus*) para fora da área da atividade, não foi possível associar esse comportamento a fuga ou a um padrão de deslocamento sazonal regular dos animais.

MATE *et al.* (1994), durante uma expedição para observação de cetáceos, avistaram cachalotes (*P. macrocephalus*) em comportamento anormal concomitantemente a uma operação sísmica que ocorria no Golfo do México, distante 60 km do local da observação. Também foi registrada a interrupção da vocalização dentro de um grupo de cachalotes devido a pulsos sísmicos a centenas de quilômetros de distância da mesma operação sísmica (BOWLES *et al.*, 1994).

Estudos de RANKIN e EVANS (1998) no norte do Golfo do México indicaram que atividades de sísmica apresentaram significativo impacto negativo em aspectos comportamentais da comunicação e orientação de cachalotes, entretanto, esses efeitos não foram observados em outras espécies de odontocetos. Em uma série de estudos utilizando canhões de ar de 4000 pol<sup>3</sup>, 10 % das Baleias-Francas-Boreais (*Eubalaena glacialis*) demonstraram evitar níveis sonoros de 164 dB re1 $\mu$ Pa, 50% demonstraram evitar níveis sonoros de 170 dB re1 $\mu$ Pa, enquanto 90% demonstraram evitar níveis sonoros de 180 dB re1 $\mu$ Pa.

Baleias já foram registradas se movendo para águas mais rasas ou se abrindo em sombras acústicas atrás de rochas em função de pulsos sísmicos (MALME *et al.*, 1983; 1984 - *apud* RICHARDSON *et al.*, 1995). KOSKI e JOHNSON (1987 - *apud* RICHARDSON *et al.*, 1995) registraram fuga rápida de Baleias-da-Groelândia (*Balaena mysticetus*) devido a pulsos sísmicos a uma distância de 24 km da fonte. LJUNGBLAD *et al.* (1988), observou o início de alteração de comportamento nessa mesma espécie a níveis sonoros entre 142-157 dB re1 $\mu$ Pa a mais de oito quilômetros de distância da fonte.

McDonald *et al.* (1995) rastreamos acusticamente uma baleia azul (*B. musculus*) com um canhão de ar em operação, produzindo pulsos de 215 dB re1 $\mu$ Pa-m (10-60Hz). A baleia iniciou sua sequência de vocalização quando a fonte estava a 15 km de distância, e se aproximou do navio (fonte) até 10 km quando o nível sonoro recebido era de 143 dB re1 $\mu$ Pa. Depois de um intervalo na vocalização, uma nova sequência foi iniciada pelo o animal, que se afastou diagonalmente da embarcação.

RICHARDSON *et al.* (1985) encontraram sutis alterações no padrão de respiração e ciclos de mergulho de baleias-da-Groelândia (*B. mysticetus*) em resposta a navios de sísmica. Os autores acreditam que a ausência de respostas de cetáceos na presença de atividades sísmica, ou mesmo conspícuas, não indicam necessariamente que o animal não esteja sendo afetado. RICHARDSON *et al.* (1986) ainda observou a mesma espécie em atividades normais a seis quilômetros de distância de atividades de sísmica, onde era estimado pulsos sísmicos em níveis de 158 dB re1 $\mu$ Pa.

McCauley *et al.* (1996), estudando o impacto da atividade sísmica sobre baleias Jubarte na Austrália, observou que os animais em migração apresentavam o comportamento de evitar a uma distância de mais de quatro quilômetros o navio de sísmica, não o deixando se aproximar a menos de três quilômetros de distância. Entretanto, grupos de baleias com filhotes apresentaram-se mais sensíveis, demonstrando comportamento de evitar os pulsos sísmicos entre 7 e 12 km. Os autores também registraram Jubartes machos que foram atraídos a um único canhão de ar em operação, comportamento explicado pela semelhança dos sons dos pulsos a saltos de baleias, com posterior batida do seu corpo sobre a superfície do oceano.



Considerando os aspectos discutidos em relação aos impactos da atividade de prospecção sísmica sobre as populações de cetáceos nessa região, os impactos seriam classificados como de efeito **direto, negativo e temporário**, pois estariam interferindo no comportamento desses organismos durante as operações de prospecção sísmica. O impacto apresenta ainda abrangência **local**, podendo ser irreversível, quando considerados impactos auditivos que promovam a *perda auditiva permanente* e/ou encalhes de animais devido aos pulsos sísmicos, ou reversível considerando-se a hipótese de que ocorra apenas a *perda auditiva temporária* e/ou fuga de animais. Contudo, da mesma forma que analisamos para os quelônios, ou seja, considerando a estrutura da comunidade como um todo, prevalece a classificação do impacto como **reversível**. A magnitude é classificada como **moderada** tendo em vista que a pesquisa sísmica será realizada fora do período de migração das baleias jubarte, quando as mesmas cruzam as áreas de pesquisa sísmica, apesar da área ser uma área de trânsito normal de outros pequenos e grandes cetáceos. O Impacto ainda foi classificado como de prazo **imediate** e de **grande** grau de importância, devido ao status de conservação das espécies potencialmente afetadas na área do empreendimento.

### IMPACTO 9

Fases	Aspecto Ambiental
Pesquisa Sísmica	Operação dos canhões de ar
	Navegação do navio sísmico
	Navegação das embarcações de apoio
<b>IMPACTO EFETIVO: Conflito com a atividade pesqueira</b>	

A atividade pesqueira pode sofrer impactos referentes à pesquisa sísmica de diversas maneiras. O impacto mais evidente é a restrição ao uso do espaço marinho devido à passagem do navio sísmico com os aparatos da sondagem, que ocupam uma grande área e não podem desviar da rota ou diminuir a velocidade de navegação (no presente empreendimento, o conjunto navio/cabos sísmicos cobre uma área de aproximadamente 12 km<sup>2</sup>). Os pescadores profissionais artesanais estão freqüentemente se queixando de prejuízos relacionados à atividade de exploração de petróleo e gás, o que vem



aumentando gradativamente no Espírito Santo nos últimos anos. A instalação de plataformas de produção, atividades de sondagem, perfuração, instalação de gasodutos submersos e o tráfego de navios petroleiros limitam a área de atuação dos pescadores, conforme a NORMAM 08 (Capítulo 1 - Tráfego de embarcações, Seção II - Informações sobre o tráfego, item H - Restrições à navegação): “São proibidas a pesca e a navegação, com exceção para as embarcações de apoio às plataformas, em um círculo com 500m (quinhentos metros) de raio, em torno das plataformas de petróleo”. Estas restrições de espaço, além de gerar conflito pelo espaço marinho podem gerar acidentes com embarcações pesqueiras, desprovidas de equipamentos de comunicação e podem envolver perdas de materiais de pesca armados no mar por falta de tempo hábil para retirá-los.

Outro aspecto da atividade, com potencial para gerar conflito com a atividade pesqueira, diz respeito ao tráfego de embarcações de apoio. As embarcações de apoio, conhecidas como rebocadores ou *supply boats*, serão utilizadas com a finalidade de transportar principalmente materiais de consumo, como alimentos e diesel, e resíduos gerados no navio sísmico. O fornecimento de todos os insumos e matérias-primas necessárias ao desenvolvimento das atividades operacionais no navio sísmico terá como referência o porto da Brasco em Niterói e o da Codesa em Vitória.

A intensificação do tráfego marítimo poderá causar transtornos diversos com a atividade pesqueira. Durante o deslocamento das embarcações de apoio, poderão ocorrer eventos acidentais que podem causar danos aos equipamentos de pesca, especialmente redes de espera, redes de arrasto, boias de sinalização de espinhéis e armadilhas ou mesmo choque entre embarcações. Porém, além da rota utilizada pelas embarcações que fica afastada da costa, cerca 20 Mn da costa (informado pela Petrobras e WesterGeco), o baixo fluxo de embarcações (estimada 1 a cada 15 ou 20 dias) entre os terminais de apoio marítimo e o navio sísmico, determina um baixo nível de interferência com a pesca artesanal.

Os outros impactos são mais complexos e de difícil mensuração, é o caso da evasão horizontal de espécies, e da alteração da distribuição vertical dos peixes, neste caso mais relacionados às espécies pelágicas que se deslocam muito ao longo da coluna d'água. VILARDO (2006) destaca ainda que algumas espécies sentem o impacto de forma indireta, como alterações dos padrões alimentares e podem se recusar a morder iscas, o que também influencia na produtividade pesqueira. HIRST & RODHOUSE (2000) sugerem que a maioria dos estudos sobre impacto da sísmica em peixes é realizada em curto prazo, não monitorando os animais em longo prazo após a exposição, o que pode mascarar os resultados negativos de impacto, como lesões oculares e auditivas. Sugerem ainda que essas lesões associadas a alterações de comportamento, mesmo que mínimas, podem interferir na cadeia trófica, já que um peixe desorientado fica mais susceptível a ser predado. McCAULEY *et al.* (2003) observaram lesões no epitélio sensorial auditivo de peixes logo após as exposições, seguidas de processo inflamatório de reparo. É importante ressaltar que cada espécie possui um nível de sensibilidade, portanto, o impacto das ondas sonoras pode variar conforme a espécie e ainda conforme a maturidade do indivíduo. Estes impactos que são relacionados aos peixes foram discutidos no item "impactos sobre a ictiofauna", e aqui, dar-se-á mais atenção aos prejuízos referentes à atividade pesqueira.

Durante o diagnóstico da atividade pesqueira, foi elaborado, de forma participativa com os pescadores, mapas representativos das áreas de pesca de cada comunidade do norte do Espírito Santo. Ao analisar a sobreposição das áreas exploradas pelas comunidades, conjuntamente com o perfil da frota (autonomia e poder de deslocamento), chega-se às seguintes conclusões sobre o conflito de uso do espaço marinho:

Para a comunidade de Conceição da Barra, a frota camaroneira compartilha muito pouco da área de influência direta das atividades sísmicas. Sendo a região utilizada para exploração de camarões VG (rosa e branco) menos impactada diretamente. A pesca de espinheis e linha será mais atingida para esta comunidade, com toda a região costeira mais ao sul da área explorada sendo comprometida pelas atividades sísmicas, perfazendo aproximadamente um quarto do total da área de pesca.

Em Barra Nova, município de São Mateus, o tipo de pescaria que compartilha o espaço marinho com as atividades de sísmica é a que utiliza linha de mão, rede e espinhel. Ao sul da região explorada com estas artes de pesca, aproximadamente um quinto da área será percorrida pelas atividades sísmicas. As pescarias de camarão serão bem menos influenciadas, já que na parte sul da região explorada, as embarcações não ultrapassam os 30m de profundidade. A frota desta comunidade trabalha tanto com arrasto quanto com espinheis, linha de mão e redes, possuindo um padrão multiespecífico de pesca.

Em Barra Seca, comunidade de Linhares, uma pequena parte da área será atingida pelas atividades sísmicas. Podendo haver conflitos com as pescarias de rede, linha de mão e arrastos. Esta comunidade foi analisada juntamente com Pontal do Ipiranga, devido à proximidade das mesmas e a residência de alguns pescadores em Pontal, apesar do estuário utilizado para a entrada das embarcações ser o de Barra Seca. A frota de baiteiras presente na comunidade de Pontal do Ipiranga não será afetada diretamente pelas atividades de pesquisa sísmica.

A frota de Regência, em Linhares, que será influenciada pelas atividades sísmicas é referente aos barcos maiores de dez metros de comprimento, que pescam na região que será pesquisada com espinheis e linha de mão. Apesar da área sobreposta (área de influência e área pescada) ser relativamente pequena ao observar toda área explorada por esta frota, a proximidade com a foz do rio doce e a piscosidade da região, faz com que os pescadores se concentrem e utilizem com muita frequência a área onde será pesquisada. Dessa forma, a análise dos impactos sobre o conflito do espaço marinho deve considerar essa relatividade, sendo que os pescadores de Regência estão muito susceptíveis ao impacto da atividade sísmica, principalmente pela frequência de uso da área conflitante.

Assim como em Regência, as pescarias de Barra do Riacho, em Aracruz, serão altamente influenciadas pelas atividades sísmicas. A pesca de camarão VG (rosa e branco), realizada nas regiões mais profundas será altamente impactada, já que os pescadores praticamente serão impedidos de exercer o arrasto a partir dos 30m de profundidade, entre Santa Cruz e Regência, região utilizada mais frequentemente pela maioria dos pescadores de camarão rosa. A frota de espinhel que alcança a região denominada de “bananeiras”, devido à presença de algas laminárias, ficará impossibilitada não só de pescar em grande parte da região comumente explorada, como de navegar para áreas mais distantes da costa durante as operações do navio sísmico. Esta comunidade e a de Regência serão as mais impactadas.

A comunidade de Barra do Sahy, em Aracruz, terá impactada a frota de porte médio, que utiliza os petrechos: rede, linha e espinhel, e alcança maiores distancias da costa em relação aos outros barcos da comunidade. Em relação à área total explorada, ficará disponível para esta frota um pouco mais da metade da região explorada. Além disso, esta frota terá que dividir a região com a frota de menor porte, causando impacto indireto a toda frota da comunidade. Apenas uma embarcação que possui mais de 12m de comprimento, sofrerá menores impactos devido ao grande poder de deslocamento e sua autonomia em mar.

Na comunidade de Santa Cruz, os nove barcos que utilizam rede e alcançam profundidades próximas ao “barranco”, serão altamente impactados pela perda temporária das áreas de pesca. Portanto, o impacto nesta comunidade pode ser considerado também de alta gravidade.

Na comunidade de Nova Almeida, na Serra, que envolve também pescadores residentes em Praia Grande (Fundão), a frota de comprimento menor que 8m terá sua região de pesca de linha de mão e rede impactada em aproximadamente um quarto na porção norte. Os barcos maiores que oito metros serão também restringidos em relação à pescaria com espinhel e linha de mão em toda região da pesquisa sísmica e possuirão limitações em relação a navegação para alcançar a região do Banco dos Abrolhos.

Os barcos maiores de sete metros que provém de Jacaraípe, na Serra, e pescam com espinhel e linha de mão, serão altamente prejudicados com a proibição da pescaria na região da realização de pesquisa sísmica e também possuirão limitações quanto à navegação para a região dos Abrolhos. A frota de espinhel e linha de mão, de cinco a sete metros de comprimento, não serão impactadas diretamente, assim como as baiteiras que atuam próximas à costa.

A comunidade de Praia do Canto, em Vitória, terá as áreas exploradas com linha de mão impactadas diretamente em 50%. Praia do Suá, também em Vitória e Prainha em Vila Velha, terão impacto nas frotas de maior porte, que pescam principalmente com espinheis e linha de mão. No caso de Praia do Suá, a pescaria de caráter industrial será impactada em relação aos arrastos com foco nos camarões VG (rosa e branco). As frotas de menor porte que pescam na grande Vitória, com rede, não serão impactadas diretamente pelo conflito do espaço marinho.

A Tabela II.5.2.2.1-4 apresenta uma síntese da análise dos impactos pelo conflito de uso do espaço marinho por comunidade, de maneira proporcional ao tamanho da área conflitante.

Conforme pode ser observado na tabela a seguir, as comunidades de Guriri (São Mateus), Povoação (Linhares), Manguinhos, Bicanga e Carapebus (Serra), fizeram parte do diagnóstico, mas não serão impactadas diretamente pelas atividades em relação ao conflito de uso do espaço marinho. Da mesma maneira, Itaúnas (Conceição da Barra) e Degredo (Linhares) não sofrerão limitações em relação à suas áreas de pesca.

No contexto do que foi avaliado este impacto efetivo foi classificado como **negativo, direto, regional, temporário** (durante todo o período das atividades), **reversível; imediato; de forte magnitude e alta importância**.

**Tabela II.5.2.2.1-4 – Síntese do impacto por conflito de uso do espaço marinho para cada comunidade avaliada. As comunidades destacadas em vermelho merecem mais atenção por estarem mais susceptíveis aos impactos da pesquisa sísmica. Em amarelo, estão destacadas as comunidades que terão restrições a navegação, para suas áreas de pesca, necessitando de um efetivo trabalho de comunicação social para evitar transtornos. Em verde, destaca-se as comunidades que não serão afetadas diretamente.**

Município	Comunidade	Número total de pescadores ativos	Barcos de maior porte (com convés e casaria)				Barcos tipo boca aberta (sem convés com casaria)				Baiteiras (Barcos a remo)			
			Qtd.	principais petrechos	% da área de pesca impactado diretamente	Restrição à nevegação devido à Sísmica	Qtd.	principais petrechos	% da área de pesca impactado diretamente	Restrição à nevegação devido à Sísmica	Qtd.	principais petrechos	% da área de pesca impactado diretamente	Restrição à nevegação devido à Sísmica
VILA VELHA	Prainha	1200	150	linha, espinhel de superfície, espinhel de fundo	Menos de 1%	Sim	200	rede, linha, espinhel, balão	Menos de 5%	Sim	300	Rede, linha	0	Não
VITÓRIA	Praia do Suá	800	140	linha, arrastão, balão, rede	Menos de 1%	Sim	200	linha, balão, rede	0	Não	200	rede, tarrafa	0	Não
	Praia do Canto	12	4	linha	~50%	Sim	6	linha, balão, rede	0	Não	3	cata	0	Não
SERRA	Carapebus	33	5	linha, rede	0	Não	0	-	0	Não	8	linha	0	Não
	Bicanga	36	3	linha	0	Não	0	-	0	Não	12	linha, arrasto de praia, rede	0	Não
	Manguinhos	32	6	linha, balão	0	Não	2	linha, balão	0	Não	30	linha, rede	0	Não
	Jacaraípe	460	20	linha, espinhel de fundo, espinhel de superfície	~15%	Sim	17	linha, rede, balão	0	Não	3	linha, rede	0	Não
	Nova Almeida	300	40	linha, rede, balão, espinhel de fundo, espinhel de superfície	Menos de 5%	Sim	4	linha, rede, balão	~25%	Sim	20	rede	0	Não
ARACRUZ	Santa Cruz	42	9	Rede	~40%	Sim	3	Balão, linha	0	Não	0	-		
	Barra do Sahy	40	4	Linha, rede, espinhel, balão	~50%	Sim	6	Linha, rede, espinhel, balão	0	Não	6	Linha, rede	0	Não
	Barra do Riacho	350	27	linha, rede, espinhel de superfície, espinhel de fundo, balão	~30%	Sim	50	Linha, balão	~25%	Sim	0	-		
LINHARES	Regência	70	4	linha, espinhel de fundo, espinhel de superfície, balão, rede	~25%	Sim	7	linha, espinhel de fundo, espinhel de superfície, balão, rede	0	Não	30	rede, tarrafa, linha, puça	0	Não
	Povoação	35	1	rede, tarrafa, linha, puça	0	Não	0	-	0	Não	19	rede, tarrafa, linha, puça	0	Não
	Pontal do Ipiranga / Barra Seca	80	14	Balão, linha, rede	~10%	Sim	0	-			25	Rede, linha	0	Não
SÃO MATEUS	Barra Nova	400	40	Balão, linha, espinhel de fundo, rede de espera	~15%	Sim	0	-			20	Rede	0	Não
	Guriri	120	0	-	0	Não	35	Rede, linha	0	Não	25	Rede	0	Não
CONCEIÇÃO DA BARRA	Conceição da Barra Sede	324	108	Balão, rede, espinhel de fundo, espinhel de superfície	~20%	Sim	0	-			50	linha	0	Não

## IMPACTO 10

Fases	Aspecto Ambiental
Pesquisa Sísmica	Navegação do navio sísmico
	Abastecimento do navio sísmico
<b>IMPACTO POTENCIAL: Contaminação ambiental e interferência na biota marinha</b>	

Caso ocorra um derrame acidental de óleo para o ambiente marinho, durante os procedimentos de abastecimento do navio sísmico, ou de fluidos contidos nos cabos sísmicos, durante a navegação do navio sísmico, os seus efeitos manifestar-se-ão diretamente na qualidade das águas da região atingida, através de alterações das propriedades físico-químicas e biológicas, sendo a extensão desses efeitos diretamente proporcionais aos volumes derramados.

Conforme indicado no Plano de Controle Ambiental de Sísmica (PCAS), os derramamentos de hidrocarbonetos no mar, que representam cerca de 72% do total de acidentes registrados como derramamentos, normalmente são de volumes pequenos, com média inferior a 25L, decorrentes, em sua maioria, de vazamentos de querosene ou ISOPAR-M<sup>1</sup> contidos nos cabos sismográficos, em virtude de ataques de tubarões (100 eventos, correspondendo a cerca de 65% do total de derramamentos no mar). Os derramamentos de óleo diesel marítimo, durante operações de abastecimento, representam 5,8% do número total de derramamentos no mar, sendo a maioria de volume inferior a 15L.

De uma maneira geral a análise histórica de acidentes permitiu classificar a grande maioria das hipóteses acidentais identificadas como de grau de severidade **Leve** (82%). Dois eventos classificados como **Importante** se referem a um derramamento de 200L de querosene no mar, devido a más condições ambientais e, outro, a um derramamento de 100L de querosene, causado por ataque de tubarão.

<sup>1</sup> É reconhecido que o ISOPAR-M ou o querosene têm baixa toxicidade (WesternGeco/Biodinâmica, 2006).



A região com potencial de sofrer algum efeito de uma desses acidentes, deve restringir-se a zona *offshore*. Conforme apresentado na análise de sensibilidade (Item II.4.5), a AI apresenta uma grande diversidade biológica, com destaque para as áreas de reprodução e alimentação de tartarugas marinhas e pequenos cetáceos, ocorrência de bancos camaroneiros, bancos de algas calcáreas (não mapeados), rotas migratórias de grandes cetáceos e aves, além de toda uma base da cadeia trófica representada pelo plâncton e bentos.

As respostas ecotoxicológicas são condicionadas pela dose de hidrocarbonetos disponível para o organismo, e a biodisponibilidade dos hidrocarbonetos depende das interações entre os processos físicos, químicos e biológicos que regulam o transporte dos compostos de hidrocarbonetos para os organismos alvo (NRC, 2003). Conforme a pluma de poluentes se distancia da fonte, esses processos alteram a composição química dos hidrocarbonetos bem como a sua toxidez ao enriquecer e empobrecer seletivamente os componentes tóxicos.

Os derrames de hidrocarbonetos no mar caracterizam-se por um rápido espalhamento superficial, seguido pelo deslocamento da mancha formada em função da ação das correntes e ventos (HOULD, 1972). Os hidrocarbonetos apresentam uma baixa solubilidade na água, permanecendo concentrados em um filme superficial, sujeito a processos de dispersão e degradação. Em função das características do óleo diesel do fluido do cabo sísmico, espera-se uma rápida evaporação do mesmo nas primeiras horas após o seu lançamento no mar.

Os impactos potenciais desta contaminação na região *offshore* se concentram, principalmente, na comunidade biológica marinha que habita as águas superficiais, especialmente o plâncton, cujo poder de locomoção é limitado, estando sujeito à ação das correntes. Os efeitos nos organismos planctônicos, apesar de pouco estudados, serão negativos, pois, além da morte pela toxicidade do produto, haverá uma modificação na densidade superficial da água dificultando a capacidade de sustentabilidade dos organismos no ambiente pelágico. Este impacto, contudo, não deverá ser de grande intensidade, pois esses organismos possuem ciclo de vida curto e alta taxa reprodutiva (IPIECA, 1991), além de ficar pouco tempo expostos aos contaminantes devido ao hidrodinamismo e à capacidade de diluição na região oceânica.

Com relação ao nécton de uma maneira geral, os contatos frequentes com a pluma de contaminantes em suspensão na água podem também promover a bioacumulação de hidrocarbonetos nos tecidos. Além disso, os gases de evaporação podem criar uma atmosfera nociva para quelônios e cetáceos. Na região oceânica esses efeitos deverão ser minimizados devido à capacidade de diluição/dispersão/degradação do óleo, tanto na água como no ar.

Considerando os baixos volumes relatados, a elevada volatilidade dos compostos considerados e a baixa toxicidade, principalmente do fluido ISOPAR M (ver item II.2.3-1), além da elevada capacidade de suporte do meio marinho (alta capacidade de diluição e dispersão de contaminantes), não são esperados efeitos significativos sobre as comunidades biológicas.

Independente da magnitude da ocorrência deste impacto, ele foi classificado como **negativo e temporário**. Com relação à área de abrangência, os efeitos não devem extrapolar a área de influência para os meios físico e biótico, restringindo-se a pequenas áreas no entorno do local do acidente, sendo, portanto, classificado como um impacto **local**.

Esse impacto potencial é classificado como **reversível** e de **magnitude fraca** e conservadoramente de **médio grau de importância**, devido à alta sensibilidade das espécies passíveis de serem afetadas.

Apesar de decorrente de uma hipótese acidental, os efeitos deste impacto se caracterizam por serem **diretos** sobre a biota marinha, mesmo considerando-se todas as possíveis interações ecológicas. Com relação ao prazo para que este impacto potencial se manifeste, cabe ressaltar que, como se trata de um impacto decorrente de acidentes, ele poderá manifestar-se em qualquer instante da operação ou nem mesmo ocorrer. No entanto, os efeitos negativos de um derramamento de diesel ou de ISOPAR no mar são sentidos imediatamente após o evento (impacto **imediate**).

**IMPACTO 11**

Fases	Aspecto Ambiental
Pesquisa Sísmica	Abastecimento do navio sísmico
<b>IMPACTO POTENCIAL: Prejuízo à atividade pesqueira</b>	

A possibilidade de derramamento de óleo, causada por acidente durante o abastecimento do navio sísmico, afeta principalmente a comunidade pesqueira que tem de imediato sua área de atuação restringida.

Em caso de ocorrência de acidentes com dispersão de óleo para as áreas costeiras, local onde, no geral, é efetuada a pesca artesanal, os prejuízos podem ser ainda maiores sobre esta atividade. No caso da dispersão ocorrer na região oceânica, os prejuízos serão mais sentidos na pesca industrial, que se realiza mais distante da faixa litorânea. De toda forma, qualquer tipo de derramamento de óleo no mar seria prejudicial à pesca, comprometendo a manutenção da renda dos pescadores que vivem da atividade e de suas famílias. Ressalta-se ainda que o contato de embarcações e apetrechos de pesca com a mancha de óleo implicará custos de limpeza ou até mesmo dano aos equipamentos, causando assim custos adicionais e prejuízos ao pescador.

Portanto, no caso da ocorrência de um acidente com vazamento de óleo, sua interferência sobre a pesca será determinada principalmente pela restrição imposta à atividade de pesca na área de deslocamento da mancha, bem como pela necessidade de adequação de rotas marítimas para a captura/desembarque do pescado. Porém, conforme informado no impacto anterior o histórico de acidentes com derramamento de óleo no mar, durante operações de abastecimento do navio sísmico, envolve pequenos volumes, o que minimiza os efeitos desse impacto, já que as áreas atingidas deverão ser bastante restritas e a recuperação do ambiente deverá ser rápida devido aos processos de dispersão de degradação do óleo combustível.

Considerando os cenários possíveis para o derrame de óleo, os quais envolvem pequenos volumes derramados, este aspecto foi considerado como capaz de causar um impacto **direto, negativo** e de **magnitude fraca** sobre a atividade pesqueira. Deve-se ressaltar, no entanto, a característica de sinergia deste impacto, tanto em relação a outros aspectos deste empreendimento (criação de área de segurança e transporte marítimo) quanto em relação a outras atividades petrolíferas ou não, em desenvolvimento ou programadas para a região, o que determina o risco de cumulatividade dos efeitos negativos.

Considera-se este impacto como **reversível** e **temporário**. Cabe salientar, porém, que mesmo com a expectativa de uma rápida dispersão e evaporação do óleo e, por consequência, de uma rápida recuperação ambiental, muitos dos efeitos sociais e econômicos descritos acima poderão perdurar por um período maior de tempo (pex. discriminação do pescado pela população).

Com relação ao prazo para que este impacto potencial se manifeste, como se trata de um impacto decorrente de acidentes, ele poderá manifestar-se durante qualquer uma das operações de abastecimento previstas, ou ainda nem mesmo ocorrer durante a duração do empreendimento por depender do fato de se apresentar como consequência de um acidente. Entretanto, como o risco de ocorrência de um acidente existirá desde a primeira operação de abastecimento, o prazo para manifestação deste impacto foi considerado **imediate**.

Em referência à área de abrangência, o impacto é **local**, em função do alcance que deverá restringir-se às proximidades da área onde ocorreu o vazamento (expectativa baseada nos diversos estudos de modelagem de óleo, envolvendo pequenos volumes, realizados na região (CEPEMAR, 2006d)).

Devido ao elevado grau de sensibilidade da atividade pesqueira para várias comunidades localizadas na área de influência do empreendimento, este impacto foi considerado como de **grau de importância médio**.

### **II.5.2.3 - Análise da Matriz de Interação entre as Atividades Previstas e os Componentes Ambientais Impactados**

#### **II.5.2.3.1 - Considerações Gerais**

A matriz de interação utilizada é baseada na matriz de Leopold (GTZ, 1992), com as adaptações necessárias para o caso específico do empreendimento em análise, bem como para torná-la de mais fácil leitura.

Foi elaborada com as entradas segundo as linhas representando as ações/atividades do empreendimento e, nas colunas, os compartimentos ambientais afetados e os impactos ambientais potenciais, decorrentes da interação causa x efeito.

Ao cruzar estas linhas com as colunas, evidenciam-se as interações existentes, permitindo identificar aquelas realmente significativas e dignas de atenção especial.

Em cada célula, apresentam-se a categoria e a intensidade do impacto, sendo:

- **Categoria:** - cor vermelha: negativo (-) ou adverso  
- cor verde: positivo (+) ou benéfico
- **Intensidade / Magnitude:** Levando-se em consideração a força com que o impacto se manifesta, seguindo uma escala nominal de forte, médio e fraco.

Considerou-se, numa escala de 1 a 3, a seguinte valoração:

- 1= intensidade fraca
- 2= intensidade média
- 3= intensidade forte

Cabe salientar que a indicação “0” (zero) significa um impacto variável, em que as conseqüências do impacto estão condicionadas a vários fatores não determinísticos (baseados em probabilidades).

Apresenta-se a seguir a Tabela II.5.2.3.1-1 referente a Matriz de Interação dos Impactos.

Tabela II.5.2.3.1-1 – Matriz de Impactos para a Atividade de Pesquisa Sísmica.

FATORES AMBIENTAIS			MEIO FÍSICO E BIÓTICO						MEIO SOCIOECONÔMICO					
FASES	ATIVIDADES PREVISTAS	IMPACTOS POTENCIAIS  ASPECTOS AMBIENTAIS	INTERFERÊNCIA NA COMUNIDADE PLANCTÔNICA	INTERFERÊNCIA NA COMUNIDADE BENTÔNICA	INTERFERÊNCIA NA ICTIOFAUNA MARINHA PELÁGICA E DEMERSAL	INTERFERÊNCIA NA COMUNIDADE DE QUELÔNIOS	INTERFERÊNCIA NA COMUNIDADE DE CETÁCEOS	CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL E INTERFERÊNCIA NA BIOTA MARINHA	GERAÇÃO DE EXPECTATIVA	GERAÇÃO DE RECEITA TRIBUTÁRIA	FORTALECIMENTO DO SETOR DE SERVIÇOS DE NAVEGAÇÃO E PORTUÁRIO	CONFLITO COM A ATIVIDADE PESQUEIRA	PREJUÍZO À ATIVIDADE PESQUEIRA	
			PLANEJAMENTO	DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE PESQUISA SÍSMICA	DIVULGAÇÃO DO EMPREENDIMENTO							3		
CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS	DEMANDA DE INSUMOS E SERVIÇOS									1	1			
PESQUISA SÍSMICA	AQUISIÇÃO DE DADOS SÍSMICOS	OPERAÇÃO DOS CANHÕES DE AR	1	1	2	3	2					2		
		NAVEGAÇÃO DO NAVIO SÍSMICO						1					3	
	APOIO E SUPRIMENTO	NAVEGAÇÃO DAS EMBARCAÇÕES DE APOIO											2	
		ABASTECIMENTO DO NAVIO SÍSMICO						1						1

POSITIVO  
 NEGATIVO

MAGNITUDE  
1 = FRACO  
2 = MÉDIO  
3 = FORTE



### ***II.5.2.3.2 - Análise da Matriz de Interação dos Impactos e do Grau de Importância***

Analisando-se a matriz de impactos verifica-se a previsão de 11 impactos ambientais sendo que 2 desses impactos são potenciais, ou seja poderão vir a se manifestar apenas em casos de acidentes. Foi verificada a ocorrência de 14 inter-relações, entre os fatores ambientais afetados e as atividades previstas durante as fases de planejamento e pesquisa sísmica.

Destes impactos, 6 (55%) tem ocorrência nos meios físico e biótico e geraram 7 inter-relações (50%), enquanto 5 impactos (45%) se verificaram no meio socioeconômico, com também 7 inter-relações (50%).

Nos meios físico e biótico não foram identificados impactos positivos, sendo todas as 7 inter-relações negativas, enquanto que no meio socioeconômico foram observadas 2 inter-relações positivas e 5 negativas.

Com relação aos impactos (inter-relações) ambientais negativos para os meios físico e biótico, nota-se que das 7 inter-relações identificadas, 4 (57%) foram consideradas de magnitude fraca, à exceção da interferência na comunidade biológica (nécton) provocada pelo ruído gerado na operação dos canhões de ar. A classificação de maior magnitude para essa comunidade foi adotada considerando-se a relevância dos grupos (peixes, tartarugas e cetáceos) potencialmente submetidos ao efeito dessa atividade. Esse critério mais conservativo se justifica, portanto, pelo grau de susceptibilidade e vulnerabilidade dessas espécies.

Com relação ao meio socioeconômico, todos os impactos positivos que podem ocorrer estão ligados à economia, mesmo assim eles foram classificados como de magnitude fraca, devido à dimensão do empreendimento (baixa receita gerada e abrangência temporal). Esses impactos ganham relevância a partir da sinergia com as atividades de E&P como um todo.

Já entre os 5 impactos negativos, todos têm reflexo direto na comunidade pesqueira. Nesse aspecto os impactos de maior relevância são a expectativa negativa gerada e o receio dos prejuízos que a atividade de pesquisa sísmica poderá gerar para os pescadores, bem como, o conflito direto que poderá ocorrer durante as operações do navio sísmico (pex. limitação da área de pesca, perda de petrechos de pesca).

Os impactos potenciais associados ao risco de contaminação ambiental por derrame acidental no mar, de óleo e fluido dos cabos sísmicos, foram considerados de baixa magnitude, tanto para a biota aquática como para os pescadores.

O Grau de Importância dos impactos ambientais foi avaliado a partir da relação entre sua magnitude e a sensibilidade do ecossistema ou do meio social afetado. Esses atributos representaram a base da avaliação do Grau de Importância do impacto em análise, obtendo-se o resultado final apresentado na Tabela II.5.2.3.2-1, a seguir.

**Tabela II.5.2.3.2-1 - Grau de Importância dos impactos identificados.**

MAGNITUDE \ SENSIBILIDADE	SENSIBILIDADE		
	FORTE	MÉDIA	FRACA
ALTA	1, 7, 9	8	
MÉDIA		6	2, 10, 11
BAIXA			3, 4, 5,

Obs: Os números no interior da tabela referem-se aos impactos identificados na descrição apresentada anteriormente.

 Grande

 Médio

 Pequeno

Observando-se a Tabela II.5.2.3.2-1 referente ao grau de importância dos impactos, percebe-se que 4 impactos negativos foram classificados como de grande importância, 1 como de importância média e 6 como de pequeno grau de importância. Este cenário revela uma alta sensibilidade ambiental da região para alguns fatores ambientais, como a pesca e a presença de espécies ameaçadas como as baleias-jubarte e tartarugas marinhas.

Merece ser ressaltado que a maioria dos impactos identificados foi classificada como temporários e reversíveis, isto é, os impactos podem ser revertidos a partir da adoção de medidas mitigadoras ou com o encerramento das atividades de pesquisa sísmica. Neste aspecto, é fundamental a aplicação de medidas mitigadoras eficazes, principalmente as de caráter preventivo.

### **II.5.3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRIGUETTO-FILHO, J.M.; OSTRENKY, A.; PIE, M.R.; SILVA, U.A. & BOEGER, W.A. 2005. **Evaluating the impact of seismic prospecting on artisanal shrimp fisheries.** *Continental shelf Research* 25(14): 1720-1727.

BOWLES, A. E.; SMULTEA, M.; WURSIG, B.; DEMASTER, D. P., PALKA, D. 1994. **Relative abundance and behavior of marine mammals exposed to transmission from the Heard Island feasibility test.** *Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4):2469-2484.

CALDWELL, J.; DRAGOSET, W. 2000. **A brief overview of seismic air-gun arrays.** *The Leading Edge*, p. 898-901.

CEPEMAR, 2000. **Estudo Ambiental para Atividade de Levantamento de Dados Sísmicos Marítimos no Bloco BE-49 na Bacia do Espírito Santo.** PETROBRAS. CPM RT 023-00, 123p.

CEPEMAR. 2006d. **EIA - Estudo de Impacto Ambiental para a Atividade de Perfuração Marítima na Área Geográfica do ES**. Petrobras. CPM RT 098/06; Cap. II.4 e II.5.

CRUM, L. A.; BAILEY, M. R. GUAN, J.; HILMO, P. R.; KARGL, S. G.; MATULA, T. J.; SAPOZHNIKOV, O. A. 2005. **Monitoring bubble growth in supersaturated blood and tissue *ex vivo* and the relevance to marine mammal bioeffects**. Acoustic Research Letters Online, 6(3): 214-220.

DAVIS, R. A.; THOMPSON, D. H.; MALME, C. H. 1998. **Environmental Assessment of Seismic Exploration on the Scotian Shelf**. Relatório Técnico submetido ao CNSOPB – Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board. 181p.

ENGAS, A.; LOKKEBORG, S.; ONA, E.; SOLDAL, A.V. 1996. **Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*)**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 53, p. 2238-2249.

ENGEL, M. H.; MARCONDES, M. C. C.; MARTINS, C. C. A.; LUNA, F. O.; LIMA, R. P.; CAMPOS, A. N. 2004. Are seismic surveys responsible for cetacean strandings? An unusual mortality of adult Humpback whales in Abrolhos Bank, Northeastern coast of Brazil. Anais da Reunião do Comitê da Comissão Internacional da Baleia (IWC). Sorrento, Itália.

EVANS, P.G.H., LEWIS, E.J. & FISHER, P. 1993. **A Study of the Possible Effects of Seismic Testing Upon Cetaceans in the Irish Sea**. Sea Watch Foundation, Oxford, December 1993.

EVANS, P.G.H. & NICE, H. 1996. **Review of the effects of underwater sound generated by seismic surveys on cetacean**. Sea Watch Foundation, Report for UKOOA.

FREITAS NETTO & R. BARBOSA, L. A. 2003. **Cetaceans and fishery interactions along the Espírito Santo State, southeastern Brazil during 1994-2001.** *The Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 2(1): 57-60.

GAULDIE, R.W.; NELSON, D.G.A. 1990. **Otolith growth in fishes.** Comp. Biochem. Phys., V. 97A, p. 119-135.

GAUSLAND, I. 2000. **Impact os seismic surveys on marine life.** Statoil, Stavanger, Norway. *The Leading Edge*, p. 903-905.

GAUSLAND, I. 2003. **Seismic Surveys Impact on Fish and Fisheries.** Relatório Técnico para a Norwegian Oil Industry Association (OLF). 41p. Disponível em <http://www.olf.no/18379.pdf>.

GIA. 2002. **Avaliação dos impactos causados durante a aquisição de dados sísmicos sobre organismos marinhos de interesse comercial.** Relatório Final. Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais. Curitiba, PR. 111 p.

GIA. 2004. **Avaliação dos efeitos da sísmica com cabo de fundo sobre peixes recifais e sobre o zooplâncton marinho.** Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais. Curitiba, PR. Disponível em CGPEG/IBAMA. Relatório Técnico, 174 p.

GOOLD, J. C. 1996. **Acoustic assessment of populations of common dolphin *Delphinus delphis* in conjunction with seismic surveying.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 76:811-820.

GORDON, J., GILLESPIE, D., RENDALL, L.E. AND LEAPER, R. 1998. **Playback of low power ATOC-like sound to sperm whales.** The World Marine Mammal Science Conference 20-24 January 1998. Abstracts, p55.

GORDON, J.C.D.; GILLESPIE, D.; POTTER, J.; FRANTZIS, A.; SIMMONDS, M. P.; SWIFT, R.; THOMPSON, D. 2004. **A review of the effects of seismic surveys on marine mammals.** Marine Technology Society Journal. Winter 2003-2004, v.37(4), p.14-32. Disponível em <http://www.pelagosinstitute.gr/gr/pelagos/pdfs/>.

GOURJÃO, L. M., FREITAS, J. E. P., ARAÚJO, D. S. 2004. **Sightings of dolphins during seismic surveys on the coast of Bahia State, Brazil.** Latin American Journal of Aquatic Mammals 3(2): 171-175.

GTZ/SUREHMA, 1992. **Manual de Avaliação de Impactos Ambientais.** Secretaria Especial do Meio Ambiente do Paraná – Curitiba.

HILDEBRAND, J. 2004. **Impacts of anthropogenic sound on cetaceans.** 56<sup>a</sup> Anais da Reunião do Comitê da Comissão Internacional da Baleia (IWC). Sorrento, Itália.

IBAMA. 2009. **Guia para o Licenciamento Ambiental da atividade de Sísmica Marítima na Costa Brasileira, atualizado para a nona rodada de licitações da ANP.** Disponível em [http://www.anp.gov.br/brnd/round9/round9/guias\\_R9](http://www.anp.gov.br/brnd/round9/round9/guias_R9).

IBAMA. 2008. **Nota Técnica Nº 08.** Diretrizes para apresentação, implementação e elaboração de relatórios, nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos marítimos de exploração e produção de petróleo e gás. Coordenação Geral de Petróleo e Gás. Diretoria de Licenciamento Ambiental. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. 19p.

IBGE. 2009. **Pesquisa Industrial Mensal Produção Física - Regional IBGE.** Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1364&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1364&id_pagina=1). Acesso em: 5 mai 2009.

IBJ – Instituto Baleia Jubarte. 2008. **Projeto Baleia Jubarte** (site). Disponível em: <http://www.baleiajubarte.org.br>. Acesso em 15 de setembro de 2008.

IPIECA, 1991. **International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.** Guidelines on Biological Impacts of Oil Pollution, IPIECA Report Series. V.1.

KETTEN, D. R. 1998. **Marine Mammal Auditory Systems: A summary of audiometric and anatomical data and its implications for underwater acoustic impacts.** NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFSC-256. 74p.

LJUNGBLAD, D.K., Würsig, B., SWARTZ, S.L. and KEENE, J.M. 1988. **Observations on the behavioural responses of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) to active geophysical vessels in the Alaskan Beaufort Sea.** Arctic 41:183-194.

LOMBARTE, A. 1992. **Changes in otolith área – sensory área retio with body size and depth.** Environmental Biology of Fishes. V. 33, p. 405-410.

MATE, B.R., STAFFORD, K.M. AND LJUNGBLAD, D.K. 1994. **Change in sperm whale (*Physeter macrocephalus*) distribution correlated to seismic surveys in the Gulf of Mexico.** J. Acoust. Soc. Am. 96:3268-3269.

MCCAULEY, R.D., CATO, D.H., JEFFERY, A.F. 1996. **A study of the impacts of vessel noise on humpback whales in Hervey Bay.** Report for the Queensland Department of E & H, Maryborough Office, from the Department of Marine Biology, James Cook University, Townsville, 137 pp.

MCCAULEY, R.D.; FEWTREL, J.; DUNCAN, A.J.; JENNER, C.; JENNER, M-N.; PENROSE, J.D.; PRINCE, R.I.T.; ADHITYA, A.; MURDOCH, J.; MCCABE, K. 2000a. **Marine seismic survey – a study of environmental implications.** Journal of Australian Petroleum Production and Exploration Association – APPEA, 692-708.

MCCAULEY, R.D.; FEWTRELL, J.; DUNCAN, A.J.; JENNER, C.; JENNER, M.N.; PENROSE, J.D.; PRINCE, R.I.T.; ADHITYA, A.; MURDOCH, J.; MCCABE, K. (a). 2000b. **Marine Seismic Surveys: Analysis and Propagation of Air-gun Signals and effects of air-gun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes and squid.** Australian Petroleum Production Exploration Association. Centre for Marine Science and Technology. Curtin University of Technology, Western Australia. 203p.



MCCAULEY, R.D.; FEWTRELL J. & POPPERC, A. N. 2003. **High intensity anthropogenic sound damages fish ears**. J. Acoust. Soc. Am. 113 (1), January 2003.

MCDONALD, M.A., HILDEBRAND, J.A. and WEBB, S.C. 1995. **Blue and fin whales observed on a seafloor array in the Northeast Pacific**. J. Acoust. Soc. Am. 98 (2, Pt 1): 712-721.

MMS – MINERALS MANAGEMENT SERVICE. 2004. **Final Programmatic Environmental Assessment**. Geological and Geophysical Exploration for Mineral resources on the Gulf of México Outer Continental Shelf. EUA. July, 2004. MMS 2004-054.

MOEIN, S. E.; MUSICK, J. A.; KEINATH, J. A.; BERNARD, D. E.; LENHARDT, M.; GEORGE, R. 1995. **Evaluation of seismic sources for repelling sea turtles from hopper dredges, pp 90-93** In: L.Z. Hales (org.) Sea Turtle Program: Summary Report. Technical Report CERC-95. 145p.

MOEIN-BARTOL,S.; MUSICK, J. A.; LENHARDT, M. L. 1999. **Auditory Evoked Potentials of the Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*)**. Copeia 3:836-840.

MORIYASU, M.; ALLAIN, R.; BENHALIMA, K. & CLAYTOR, R. 2004. **Effects of seismic and marine noise on invertebrates: a literature review**. Canadian Science Advisory Secretariat. Research Document 2004/126. 44 pp.

ONIP. 2003. Nota Técnica. ONIP 004/2003. <http://www.onip.org.br/arquivos/?arquivo=nt20034.pdf>. Acesso em 09 de julho de 2009.

PARRY, G.D. E. & GASON, A. 2006. **The Effect of seismic surveyd on catch rates of rock lobsters in western Vitoria, Australia**. Fisheries Research, v. 79, p.272-284, 2006.

PORTOS E NAVIOS. 2009. Setor naval levará 20 anos para ser reconstruído. Revista eletrônica, Ed. 581 de Junho de 2009. [http://www.portosenavios.com.br/?r&150208&link1&&m=1&sec\\_atual=43&cod=34805](http://www.portosenavios.com.br/?r&150208&link1&&m=1&sec_atual=43&cod=34805). Acesso em 13 de julho de 2009.

RANKIN, S. & EVANS, W.E. 1998. **Effects of Low Frequency Seismic Exploration Sounds on the Distribution of Cetaceans in the Northern Gulf of Mexico**. For submission to Acoust. Soc. Amer., June 1998.

RICHARDSON, W.J., FRAKER, M.A., WÜRSIG, B., WELLS, R.S. 1985. **Behaviour of Bowhead Whales *Balaena mysticetus* Summering in the Beaufort Sea: Reactions to Industrial Activities**. Biological Conservation 32:195-230.

RICHARDSON, W.J., WÜRSIG, B. & GREENE, C.R. JR. 1986. **Reactions of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, to seismic exploration in the Canadian Beaufort Sea**. J. Acoust. Soc. Am. 79 (4):1117-1128.

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

RIDGWAY, W. J.; WEVER, E. G.; McCORMIK, J.G.; PALIN, J.; ANDERSON, J. H. 1969. **Hearing in the giant sea turtle, *Chelonia mydas***. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. 65(3):884-890.

ROGERS, S. E.; STOCKS, R. CEFAS 2001. **The Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science**. North Sea Fish and Fisheries. Technical Report, 72p.

SANTULLI, A.; MODICA, A.; MESSINA, C.; CEFFA, L.; CURATOLO, A.; RIVAS, G.; FABI, G.; D'AMELIO, V. 1999. **Biochemical responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) to stress induced by offshore experimental seismic prospecting**. Maritime Pollution Bulletin, v. 38 (12), p. 1105-1114.

SLOTTE, A.; HANSEN, K.; DALEN, J.; ONA, E. 2004. **Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast**. Fish. Res., v. 67, p. 143–150.

TAMAR. 2008. **Projeto Tamar** (site). Disponível em: <http://www.tamar.org.br>. Acesso em 20 de março de 2008.

TENENBAUM, D. R. 1995. **O fitoplâncton numa região tropical costeira impactado pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil)**. (Tese de Doutorado). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. 245 pp.

THOMSOM, D.H.; LAWSON, J.W. E.; MUECKE, A. 2000. **Proceedings of a Workshop to Develop Methodologies for Conducting Research on the Effects of Seismic Exploration on the Canadian East Coast Fishery**, Halifax, Nova Scotia, 7-8 September 2000. *Environmental Studies Research Funds Report*, v. 139. Calgary. 92 p.

TURNPENNY, A. W. H.; NEDWELL, J.R. 1994. **The effects on marine fish, diving mammals and birds of underwater sound generated by seismic surveys**. Fawley Aquatic Research Laboratories Ltd. FCR 089, p. 1-40.

VILARDO, C. 2006. **Os Impactos Ambientais da Pesquisa Sísmica Marítima**. Projeto Final de Curso do Programa de Formação Profissional em Ciências Ambientais – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 116p.

WADMPR- Western Australian Department of Mineral and Petroleum Resources. 2000. **Petroleum Information Series – Guidelines Sheet 1**. Guidelines on minimising acoustic disturbance to marine fauna, p. 1-6.

WARDLE, C.S.; CARTER, T.J.; URQUHART, G.G.; JOHNSTONE, A.D.F.; ZIOLKOWSKI, A.M.; HAMPSON, G.; MACKIE, D. 1998. **The sound of a triple 'G' seismic airgun and its effects on the behaviour of marine fish**. Fisheries Research Services report, v. 10.

WARDLE, C.S.; CARTER, T.J.; URQUART, T.J.; JOHNSTONE, A.D.F.; ZIOLKOWSKI, A.M.; HAMPSON, G.; MACKIE, D. 2001. **Effects of seismic air guns on marine fish**. *Cont. Shelf Res.*, v. 21, p. 1005–1027.