



Aspectos ambientais da prospecção sísmica no litoral sergipano

José Tadeu de Oliveira* e Lurimar S. Batista UNIT, Brasil

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The recent opening of the petroleum market, combined with a specific environmental legislation, propitiated the establishment of companies for the exploration of Sergipe's Sedimentary Basin. As a consequence, there was an increment in hydrocarbons research (oil and gas), in the whole State. The process used for identifying geological structures favorable for the hydrocarbons accumulation on the seabed consists of a geophysical prospecting study using seismic reflection method, with the emission of sound through compressed air guns that is captured by hydrophones. The coast of Sergipe, due to its high hydrographical draining, shows great marine biological activity. Sea turtles, animals threatened by extinction worldwide, feed and reproduce all over the coast of the State of Sergipe. A bibliographical survey on the impacts in the biota provoked by the sound emitted in marine oil research activities was carried out, and was combined with available data about physical chemistry variables of the marine environment that may influence the sound propagation, in order to guide future research and environmental actions, aiming at the continuance of sea turtle preservation in Sergipe. Considering that the sound originated from seismic reflection activities may cause interference on marine chelonians behavior, parameters of environmental variables that influence the biological diversity were surveyed (sediments, salinity, temperature and sea currents), leading to the propagation of shock waves generated by hydrocarbons prospect research. Studies carried out in marine animals, including chelonians, demonstrated that the sound emitted by geophysical prospecting provokes, even if temporarily, behavioral disturbance. Those analyses were important to identify the possible impact on the biota, generated by noise produced by seismic activities. More detailed field studies about the effects on the biota are necessary, carried out in shallow waters, resulting from the propagation of the shock wave, considering the unique environmental factors of the marine ecosystem of Sergipe.

Introdução

No Brasil, até 1997, toda a exploração de petróleo era feita exclusivamente pela empresa estatal Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras). Com a criação da Agência Nacional de Petróleo - ANP, órgão federal responsável pelo gerenciamento da exploração e produção de

petróleo, o país iniciou gradualmente a abertura do mercado para empresas estrangeiras.

Um mapeamento de áreas de exploração delimitou "blocos" em todo o Brasil, que são disputados por diversas empresas do ramo petrolífero de todo o mundo através de sucessivos leilões coordenados pela ANP, gerando um incremento de atividades de pesquisa de hidrocarbonetos em todo o país.

Ao adquirir os blocos, as empresas têm um prazo determinado pela ANP para apresentarem os resultados de suas pesquisas nessas áreas. Quando se trata de um bloco marítimo, o primeiro passo, na maioria dos casos, é a realização de um estudo de prospecção geofísica utilizando o método de sísmica de reflexão. No início da coleta de dados para a exploração de hidrocarbonetos em uma bacia sedimentar, a pesquisa geológica é de extrema importância.

As rochas, não raramente, diferem em uma ou mais de suas propriedades físicas e químicas, provocando variações nos campos físicos e na propagação de ondas que atuam sobre elas. As propriedades físicas e químicas representam importantes informações sobre o substrato. Na indústria do petróleo é utilizada a sísmica de reflexão para produzir uma imagem das partes profundas da terra. Com isso os pesquisadores têm condições de prever o empilhamento das camadas rochosas, evidências de rochas reservatórios. Após este conhecimento é que se pode propor a perfuração de poços na área. (Oliveira, J.T., 2002).

O Estado de Sergipe possui importantes reservas de petróleo na plataforma continental, exploradas pela Petrobras desde a década de 60. A recente abertura do mercado propiciou um aumento da exploração de novas áreas. A chegada de novas empresas fez crescer as pesquisas de hidrocarbonetos licenciadas em toda a costa sergipana. A produção petrolífera marítima de Sergipe ocorre numa área de grande importância ambiental, onde se destaca a presença de tartarugas marinhas, animais ameaçados mundialmente de extinção e que possuem programas de preservação desenvolvidos em vários países. O Projeto TAMAR/IBAMA, responsável pela preservação das tartarugas marinhas no Brasil, possui três bases em Sergipe, maior sítio reprodutivo no país da espécie *Lepidochelys olivacea*.

Pouco se sabe sobre o impacto causado à biota marinha nos processos de pesquisa de hidrocarbonetos que usam o método sísmico de reflexão. A maioria dos estudos disponível concentrou-se no impacto causado sobre peixes e cetáceos em águas profundas, entre 50 e 300 metros de profundidade. Existe escassa informação sobre os possíveis impactos em áreas de águas rasas, ou seja, inferior a 10 metros de profundidade (Webb et al, 1998, apud Conatura, 2000). Porém, a carência de informações não deve ser interpretada como fator de impraticabilidade ou de tolerância para essas atividades. Foram realizados nos últimos anos estudos sobre os efeitos do som gerado nas prospecções geofísicas que

usam o método sísmico, em diferentes grupos de animais marinhos, contudo, por se tratarem de bioensaios, não apresentam resultados conclusivos.

O crescente interesse das empresas petrolíferas na bacia sergipana e, conseqüentemente, aumento do número de pesquisas para a exploração de hidrocarbonetos, sugere a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre os reais impactos causados no ambiente marinho do Estado, com ênfase maior nos efeitos na população de tartarugas marinhas. Relacionar a sazonalidade e sensibilidade das tartarugas com as ações antrópicas, a fim de diagnosticar um possível efeito que a atividade pode causar nessa população, é importante dado de pesquisa que poderá orientar futuras ações relevantes à preservação destes animais.

Caracterização da Área de Estudo

A região onde ocorre a produção petrolífera em Sergipe é chamada de Bacia de Sergipe/Alagoas, situada entre os paralelos 9° e 11°30'S, perfazendo 34 500 Km² até a isóbata de 2000 m. A Figura 1 apresenta as áreas de produção dentro da Bacia Sergipe/Alagoas.



Figura 1: Áreas de produção petrolífera no Estado de Sergipe. Fonte – Petrobras, 2001.

A porção submersa relativa à parte oceânica da região de exploração de petróleo no Estado de Sergipe é representada por duas províncias, a plataforma continental e o talude.

A declividade média da plataforma continental está em torno de 2 metros por quilômetro, sendo uma superfície plana, constituindo os chamados tabuleiros ou terraços. A área onde se localiza a exploração de petróleo no Estado de Sergipe apresenta largura variável de 10 a 32 quilômetros. A plataforma apresenta formações características do tipo cânion, de margem irregular. Exemplos destas feições são os importantes cânions dos rios, São Francisco, mais largo e o Japarutuba, mais estreito, se estendendo até o talude.

Devido a pouca profundidade da plataforma continental na região, as ações de correntes marítimas e ondas determinam uma intensa mobilização das areias terrígenas o que impede a colonização biogênica próxima ao litoral. Essa ação menos ativa na plataforma externa

e, em áreas de menor movimentação, nota-se o avanço da sedimentação carbonática em direção à costa, principalmente com algas incrustantes migrando por sobre as areias terrígenas, (adaptado de Kempf, 1970; Summerhayes et al, 1975 e Kowsmann, 1979).

A qualidade química da água é definida em função de parâmetros relacionados com as características físico-químicas gerais (temperatura, pH, condutividade, turbidez, transparência, salinidade, oxigênio dissolvido), o conteúdo de nutrientes (nitrogênio e fósforo), matéria orgânica (carbono orgânico, DBO, DQO), íons maiores (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻), elementos traços (metais pesados) e constituintes orgânicos (OG, pesticidas, surfactantes, etc.). Estudos realizados pela Universidade Federal de Sergipe- UFS na área das atividades petrolíferas, na plataforma continental sergipana, serviram como parâmetros fundamentais para a análise do comportamento da propagação das ondas sonoras no meio marinho. Devido a diferenças existentes nos vários fatores como substrato, temperatura, salinidade e outros que compõem o meio, a compreensão dos efeitos das vibrações sonoras oriundos da atividade de prospecção geofísica no meio biológico aquático necessita do conhecimento das particularidades ambientais existentes no local. O diagnóstico feito a partir dos estudos da UFS, também é importante considerando que o conjunto de concentrações de substâncias orgânicas e inorgânicas de um ambiente aquático pode definir a composição e o estado de sua biota.

As amostras para análise físico-químicas foram tomadas na isóbata de 10 metros e coletadas na superfície e fundo. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos parâmetros observados durante uma das campanhas realizadas na área de produção de petróleo da costa sergipana.

Tabela 1: Características físico-químicas da água e clorofila. Fonte: UFS, 1997.

Parâmetros	Superfície	Fundo (10m)
Temperatura (°C)	27,0	25,0
Transparência (m)	2,20	-
Turbidez (NTU)	2,12	6,79
PH	8,10	8,10
Condutividade25°C(mS/cm)	45,3	47,8
Salinidade (p p m)	30,20	32,40
Cloreto (mg/kg)*	16717	17935
O ₂ dissolvido (mg/L)	7,38	7,52
N - NH ₄ ⁺ (µg/L)	<2,80	<2,80
N - NO ₂ ⁻ (µg/L)	3,22	2,66
N - NO ₃ ⁻ (µg/L)	2,89	4,54
P - PO ₄ ³⁻ (µg/L)	<0,93	<0,93
P total dissolvido (mg/L)	<0,0009	0,02
Óleos e Graxas (mg/L)	2,00	0,90
Sulfeto (mg/L)	<0,002	<0,002
Clorofila a (µg/L)	0,28	-

A análise dos parâmetros colhidos no estudo da Universidade Federal de Sergipe, demonstra que a variação da temperatura da água está em uma situação próxima à homogeneidade térmica. Quanto a turbidez, observa-se que na superfície foi baixa e pouco variável, aumentando à medida que se afasta da superfície, em função da composição do material encontrado no

substrato marinho e da penetração da luz. Os valores médios esperados para o pH estão de acordo com os padrões esperados para o local. Também, os valores de condutividade apresentados na Tabela 1, obtidos a 25°C apresentam-se próximos aos níveis de normalidade, considerando que a região de produção petrolífera do Estado de Sergipe possui baixos níveis de salinidade. Os valores de oxigênio dissolvido abaixo de 4 mg/l, geralmente estão associados a algum problema de poluição. Os valores encontrados na Tabela 1 estão, portanto, dentro do intervalo esperado, considerando a baixa salinidade.

No estudo de nutrientes normalmente são determinadas as concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- e PO_4^{3-} , que são utilizados diretamente pelas macrófitas e fitoplânctons. Amônia (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) são as principais fontes de nitrogênio para plantas e bactérias aquáticas. O nitrito (NO_2^-) pode também ser diretamente utilizado, mas em geral sua concentração é mais baixa do que amônia e/ou nitrato, em sistemas aquáticos não poluídos. Por causa da energia necessária para reduzir o nitrato à amônia antes da assimilação, amônio é normalmente a forma preferida de nitrogênio. O fósforo é um nutriente essencial para os organismos vivos e existe na água na forma dissolvida e particulada. Na forma dissolvida ocorre como ortofosfato, polifosfato e fósforo organicamente ligado.

Em relação aos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20/86 observa-se que somente para o parâmetro óleos e graxas o valor obtido se encontra acima do permitido para aquela Classe de Água (águas salinas).

Portanto, de um modo geral os valores dos diversos parâmetros colhidos na área de produção de petróleo em Sergipe estão dentro da normalidade esperada, não havendo nenhum fator de relevância no local para os elementos que influenciam na propagação das ondas sonoras.

A Prospecção Sísmica Marinha

Existem diferenças operacionais para a utilização de métodos sísmicos. Diversas metodologias de trabalho em uma coleta de dados de prospecção geofísica são utilizadas para determinar possíveis reservatórios de hidrocarbonetos em uma região. No caso desta ocorrer no ambiente marinho, alguns fatores são importantes para a escolha do tipo de equipamento e da metodologia a ser utilizada.

Em Sergipe os principais fatores considerados, são: a presença de obstáculos para a embarcação de pesquisa; a profundidade do local da atividade; a identificação e monitoramento de áreas sensíveis na região; as restrições legais; os períodos de interdições temporárias relacionados reprodução da fauna e as atividades humanas na área da operação.

Em águas de profundidade superior a 20 metros e sem obstáculos, é utilizada, comumente, uma embarcação que possui os equipamentos necessários para a pesquisa sísmica e que arrasta longos cabos na água, os *streamers*. A aquisição de dados sísmicos de uma bacia sedimentar com o método dos *streamers* utiliza um navio para cobrir uma área previamente estabelecida na região de exploração. Equipado com compressores de ar

comprido que de modo sincronizado gera bolhas de ar com alta pressão, que são liberadas através de dutos que ficam conectados próximo ao navio, lançadas na água, as bolhas, geram uma onda sísmica pela expansão e redução da densidade da água. Essa energia sonora caminha em direção ao fundo, atravessa as várias camadas geológicas do substrato marinho, penetrando nas camadas sedimentares. Ao encontrar uma descontinuidade, ou seja, contato entre duas camadas de diferentes propriedades elásticas, essa energia não é absorvida, sendo refletida e a reflexão (eco) é captada por receptores. O navio arrasta longos cabos, onde estão os receptores que captam a energia sonora que retorna do substrato e conduzem digitalmente as informações recebidas para sísmógrafos computadorizados que gravam e interpretam o pulso sonoro. O comprimento dos cabos varia bastante, sendo proporcional a profundidade, isso dificulta as manobras do navio. A Figura 2 mostra esquematicamente o método de *streamers* e a Figura 3 apresenta um navio arrastando longos cabos.

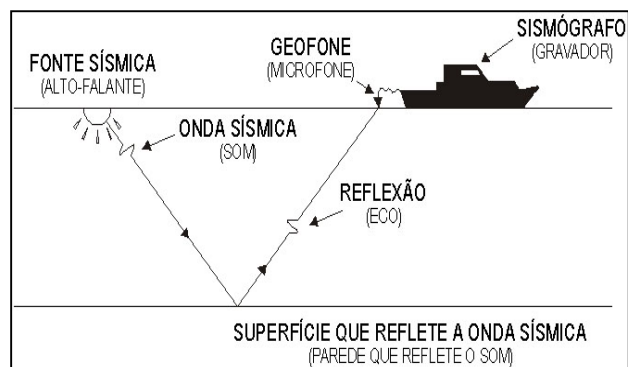


Figura 2: Esquema transversal da sísmica marítima.

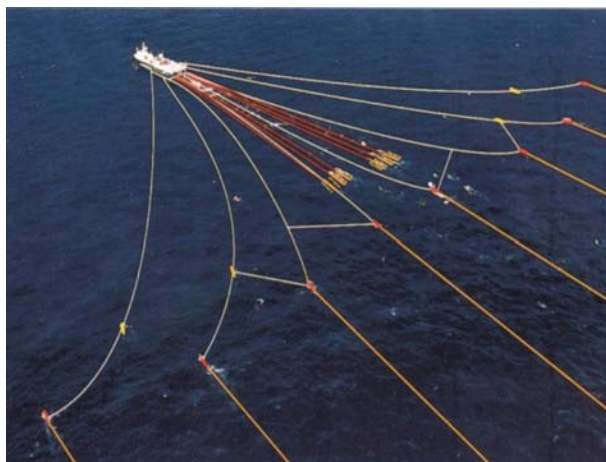


Figura 3: Navio arrastando cabos sísmográficos.

No método de *streamers* a embarcação possui pouquíssima autonomia de manobras rápidas. No caso de ocorrer obstáculos, como em algumas áreas de Sergipe onde existem as plataformas de petróleo, esse método fica inviável. Para os casos onde existem obstáculos é usada uma outra forma de pesquisa onde os cabos sísmográficos com sensores (hidrofones e geofones) são instalados no fundo do mar, deitados sobre o substrato marinho. O navio que produz as bolhas

de ar comprimido está isolado, sem cabos. Nessa metodologia o navio possui uma maior liberdade de manobras para então cobrir toda a área de levantamento de dados. Esta técnica de aquisição de dados sísmicos é especialmente empregada em áreas já produtoras de petróleo e gás, onde são encontradas obstruções como plataformas e estações de bombeio, que não permitem a operação dos barcos sísmicos tradicionais que rebocam diversos cabos sismográficos com vários quilômetros de extensão. Após a instalação dos cabos de registro no fundo do mar, a embarcação, com sistema de fonte, se movimenta por entre os obstáculos em posições pré-determinadas acionando os canhões de ar. Os dados sísmicos são registrados por outra embarcação que está equipada com sismógrafos digitais para registros dos sons gerados e permanece fundeada em posição que permita estar fisicamente conectada com os cabos no fundo do mar, conforme mostra a Figura 4.

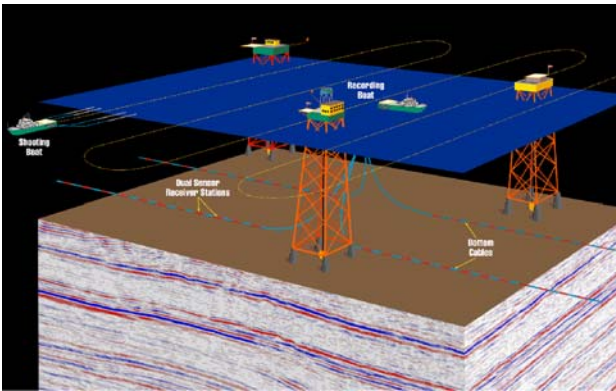


Figura 4: Cenário para uma operação marítima de áreas com obstáculos. Fonte – Western Geophysical, 1999.

Os cilindros de ar comprimido, usados nas pesquisas de prospecção geofísicas com método sísmico contêm volumes de ar entre 10 e 100 polegadas cúbicas a uma pressão de 2.000 libras por polegada quadrada (psi), e criam essas bolhas de ar que são liberadas em intervalos médios de 10 segundos, gerando o pulso sonoro que segue em direção ao fundo.

Os recentes estudos ambientais realizados no Estado de Sergipe para fins de obtenção de licenças ambientais junto aos órgãos responsáveis, informam que nas operações com navios que arrastam os cabos sismográficos, o ruído produzido é de baixa frequência, geralmente abaixo dos 200 Hz. Já nas operações onde os cabos estão deitados sobre o leito marinho, as informações mostram que os canhões de ar possuem capacidade em torno de 1.400 polegadas cúbicas, e são alimentados por compressores de até 3000 libras por polegada quadrada (psi), produzindo pulsos (ondas sísmicas) de baixa frequência (<100 Hz) e intensidade em torno de 160-170 dB.

Impactos Ambientais

Para a avaliação dos impactos causados nas tartarugas por fontes que emitam ruídos na água é necessário estimar a extensão auditiva e segundo Wever, 1978 apud Lenhardt, as reações elétricas do ouvido, como por exemplo os potenciais cocleares, produzem uma

razoável estimativa da variação de frequência e variação da audição nos répteis.

Um audiograma para espécies marinhas no ar é apenas informativo, pois apesar das tartarugas irem à superfície para respirar e, conseqüentemente, o tímpano fica no limite ar/água. As fêmeas sexualmente maduras passam um curtíssimo tempo de suas vidas no litoral. O efeito da água enchendo o tímpano, com variados graus de pressão, ainda não foi estudado. Uma tartaruga dentro da água modifica a impedância mecânica de acordo com as necessidades do ouvido e, conseqüentemente, a sensibilidade. Num estudo conduzido por Lenhardt onde duas tartarugas cabeçudas (*Caretta caretta*), pesando aproximadamente 25-30 kg foram mantidas em tanques separados circulares de 1m de profundidade, ambas as tartarugas reagiram nadando ao som de baixa frequência.

Audiogramas podem ser divididos em três partes, a variação de frequência superior, a variação de máxima sensibilidade e a variação de baixa frequência na qual a sensação de audição e recepção sísmica/gravidade fundem-se. A área de sensibilidade máxima em tartarugas marinhas vai de 100 a 800 Hz. Sons entre 100 e 800 Hz podem ser detectados em níveis de energia inferiores e são provavelmente puramente auditivos. O limite mais alto é de aproximadamente 2000 Hz. Audição abaixo de frequências de 80 Hz é menos sensível, entretanto potencialmente útil ao animal. Estímulos de 30 a 80 Hz são provavelmente tratados como auditivos no sentido que o ouvido interno é provavelmente o que reage de maneira mais forte. Para frequências abaixo de 40 Hz, receptores somatosensoriais na pele e em torno dos órgãos internos que podem ser estabelecidas como ressonância simpática, sons de baixa frequência também são fontes de ativação neural. O som, em níveis comparativos, também poderia ativar os canais semicirculares, o que pode induzir a distúrbio posicional. A tartaruga poderia diminuir os efeitos do som através da permanência no limite ar/água, o que parece ser uma reação impressionante, segundo Lenhardt.

Para análise dos efeitos do som gerado pela sísmica em tartarugas marinhas, foram realizados estudos com duas espécies de tartarugas marinhas, a verde (*Chelonia mydas*) e a cabeçuda (*Caretta caretta*). Para o estudo, estas espécies foram colocadas em gaiolas submersas e mantidas durante a passagem do navio que dispara as bolhas de ar da atividade de prospecção sísmica. Foram observados que, para sons acima de 166 dB ocorre um aumento na atividade natatória desses animais e, com estímulos acima de 175 dB, o seu comportamento se torna mais errático. Desta forma, pode-se verificar que o aumento no volume de som produzido, pode causar um aumento na atividade natatória destes animais. O'Hara (1990, apud McCauley et al, 2000) observou que tartarugas cabeçudas expostas a ruídos da ordem de 175 dB mantêm uma distância de 30 metros do canhão de ar. McCauley (2000) afirma que em profundidades marinhas inferiores a 20 metros os sons produzidos pela prospecção sísmica causam distúrbios significativamente piores nas tartarugas se comparados com profundidades superiores. A área de produção petrolífera da Plataforma Continental do Estado de Sergipe, onde se concentram as atividades de prospecção sísmica de reflexão, possui profundidade média de 20 metros.

Conclusões

As variáveis ambientais que influenciam na diversidade biológica, como: sedimentos, salinidade, temperatura e correntes marinhas, contribuem, também, na propagação das ondas sonoras geradas nas pesquisas de prospecção de hidrocarbonetos que utilizam a sismica de reflexão. As análises desses e de outros parâmetros como profundidade, pluviometria, densidade e condutividade são importantes para se diagnosticar os possíveis impactos gerados pela emissão de ruídos, em determinada frequência e intensidade, a partir de explosões de bolhas de ar comprimido nas atividades de prospecção sísmica.

Na plataforma continental sergipana não existe um modelo característico para o perfil de velocidade do som. A composição do fundo, o aporte de águas fluviais, a ação das ondas, ventos e correntes locais, fazem com que seja imprevisível o aspecto geral do perfil de velocidades apresentando uma grande variabilidade temporal e espacial.

As tartarugas marinhas possuem um comportamento reprodutivo muito característico, o acasalamento geralmente ocorre próximo à praia, várias semanas antes do início da desova. O período de desova em Sergipe vai de setembro até março. Portanto, as tartarugas marinhas ficam suscetíveis durante um longo período à ação dos efeitos sonoros produzidos nas prospecções geofísicas com sísmica. Além disso, o mecanismo de orientação migratória não é ainda bem conhecido, mas mostra-se bastante complexo, as tartarugas “identificam” perfeitamente suas praias de origem, para lá retornando durante a estação de reprodução, para o acasalamento e desova. O mecanismo de “filopatria” de ação sensorial para chegar a uma determinada região da costa, pode ser medido pelo tipo de água, pelas condições de fundo do mar e mesmo pela topografia.

O som oriundo das atividades sísmicas pode funcionar como uma barreira sônica que impediria não somente a aproximação das tartarugas as suas áreas de desova, mas também pode inibir o processo reprodutivo que ocorre nas águas rasas próximas a estas praias.

Efeitos nocivos a longo prazo, como a influência do som no processo de acasalamento das tartarugas, devem ser observados. No Estado de Sergipe, as análises da propagação dos sons oriundos da atividade de levantamento sísmico e seus efeitos devem ser referenciados por dados coletados no próprio local de realização da pesquisa. O somatório desses parâmetros e os possíveis efeitos na população de tartarugas marinhas irão nortear ações ambientais para futuras pesquisas sísmicas.

Agradecimentos

Ao Projeto Tamar/IBAMA e a CONATURA - Cooperativa Mista de Trabalhadores Conservadores da Natureza.

Referencias

- CONATURA. 2000- **Relatório Final sobre Atividade de Levantamento de Dados Geofísicos Marítimos no Bloco SES 107**. Documento não publicado, Relatório entregue ao ELPN/IBAMA para fins de liberação de licença operacional
- CONATURA. 2001- **Relatório de Controle Ambiental (RCA) para Atividade de Perfuração Marítima para a Exploração de petróleo e gás natural na Bacia Sergipe/Alagoas**. Documento não publicado, Relatório entregue ao ELPN/IBAMA para fins de liberação de Licença Prévia de Perfuração.
- DAMES & MOORE. 2000- **Relatório de Controle Ambiental para Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BSEAL -3**. Documento não publicado, Relatório entregue ao ELPN/IBAMA para fins de liberação de Licença Prévia de Perfuração.
- FRANÇA, A.M.C. 1979 – **Geomorfologia da margem continental leste e da Bacia oceânica adjacente**. Série projeto REMAC n.7, Rio de Janeiro, 89 a 127 p.
- GOOLD, J. C. 1996. **Broadband characteristics and propagation of air gun acoustic emissions in the southern Irish Sea** (in press).
- KEMPF, M. & LABOREL, J.L. 1968 – **Formations de vermetes et dalgues calcaries sus les cotes du Brésil**. Recl. Trav. Stn mar. Endoune. 43 (50) :9-23.
- KLIMA, E.F., GITSCHLAG, G.R. & RENAUD, M.L. 1998, **Impacts of Explosive removal of Offshore Petroleum Platforms on sea Turtles and Dolphins**. Marine Fisheries Review 50(3), 33-42.
- LENHARDT, M. L. – **Seismic and very low frequency sound induced behaviors in captive loggerhead marine turtles (*Caretta caretta*)**. Virginia Commonwealth University.
- LUIS, J.G. & COSTA E SILVA, L.M. 1995 – **Geofísica de Prospecção**, Ed. Universitária, UFFA. 311 p.
- 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. 2000 – **Marine Seismic Surveys – A study of environmental implications**. APPEA Journal. 692 p.
- OLIVEIRA, J.T. 2002 – **Impactos Ambientais da Prospecção Geofísica em Tartarugas Marinhas no litoral Sergipano**. Monografia. UNIT, Aracaju, 60p.
- Revista Brasil Energia 221 Abril 99.
- SUMMERHAYES, C. P.; COUTINHO, P. N. ; FRANCA, A. M. C. & ELIS, J. P. 1975 – **Continental margin sedimentation off Brazil. Part III. Salvador to Fortaleza, northeastern, Brazil**. Contr. Sedimentolgy 4: 44-78.
- TAMAR/IBAMA. **Resultados Reprodutivos das Bases de Pesquisa do Estado de Sergipe Temporadas 2000/2001**. Relatório Técnico Anual.