

**Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP**

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

---

## **SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA O MONITORAMENTO DE DERRAMES DE ÓLEO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Clenúbio Feitosa de Souza<sup>1</sup>, Angélica Félix de Castro<sup>1</sup>, Venerando Eustáquio Amaro<sup>1</sup>, Helenice Vital<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Av. Senador Salgado Filho, s/n.  
Campus Universitário. CEP: 59072-970. Natal – RN, Brasil, [angelica@matrix.com.br](mailto:angelica@matrix.com.br),  
{[clenubio](mailto:clenubio@geologia.ufrn.br), [amaro](mailto:amaro@geologia.ufrn.br), [helenice](mailto:helenice@geologia.ufrn.br)}@geologia.ufrn.br

**Resumo** – O litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte apresenta áreas da bacia Potiguar com intensa atividade da indústria petrolífera, sendo fundamental o monitoramento ambiental com a finalidade de prevenir e minimizar acidentes com derrame de óleo, principalmente quando esses atingem as regiões costeiras. Neste contexto um Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi desenvolvido como uma importante ferramenta para monitoramento ambiental e gerenciamento dos recursos naturais e sociais, possibilitando uma melhor análise, segurança e troca de informações. Esse sistema é muito importante para o trabalho conjunto com o SisBAHIA (sistema de modelagem hidrodinâmica e ambiental) objetivando o monitoramento do impacto ambiental dos derrames de óleo nas regiões gerenciadas. Será mostrada uma breve descrição como as principais partes do SIG foram desenvolvidas e quais foram as principais tecnologias de informação utilizadas.

**Palavras-Chave:** derramamento de óleo, monitoramento ambiental, sistema de informações geográficas, banco de dados geográficos, modelagem hidrodinâmica e ambiental

**Abstract** – The northern coast of the Rio Grande do Norte State presents areas of the Potiguar's basin with intense activity of the petroleum industry, being fundamental the environmental monitoring with the purpose of to prevent and to minimize accidents with oil hemorrhage, mainly when those reach the coastal areas. In this context one Geographic Information Systems (GIS) was developed as an important tool for environmental monitoring and administration of the natural and social resources, making possible a better analysis, safety and change of information. That system is very important for the united work with SisBAHIA (system of hydrodynamic and environmental modelling) aiming the monitoring of the environmental impact of the oil hemorrhages in the manager areas. An abbreviation description will be shown as the principal parts of GIS were developed and which were the main technologies of information used.

**Keywords:** oil spill, environmental monitoring, geographic information systems, geographical database, hydrodynamic and environmental modelling

### **1. Introdução / Objetivos**

Na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte há regiões estuarinas e áreas costeiras do litoral, que vêm sofrendo alterações na paisagem natural ocasionadas por interesses econômicos devido à ação da indústria petrolífera. Para proteção dessas áreas, faz-se necessário compreender a vulnerabilidade natural e mapear os recursos naturais, bem como, monitorar os derrames de óleo visando o planejamento de políticas de conservação ambiental.

Desta forma o monitoramento ambiental das áreas de risco a derrames de Petróleo e seus derivados com a finalidade de prevenir e minimizar acidentes com óleo é imperativo. Esta importância fica mais evidente na região costeira do Estuário Galinhos-Guamaré, onde ocorrem atividades de prospecção, exploração e transporte de petróleo

devido à presença do Pólo Petrolífero de Guamaré, o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil, para o qual converge todo o óleo e gás produzido na Plataforma Continental do RN e grande parte da produção terrestre (Castro, 2002).

É necessário, para o planejamento ambiental, que os profissionais responsáveis pelo monitoramento ambiental tenham em mãos um Sistema de Informações Geográficas (SIG), armazenando numa base cartográfica digital os vários tipos de dados das áreas observadas, dando, portanto, suporte à tomada de decisões em ocasiões de acidentes ambientais.

O Banco de Dados Geográficos Ambientais (BDGA), a base cartográfica digital para monitoramento ambiental dos Estuários e áreas adjacentes, vem sendo elaborado a partir da combinação dos dados produzidos pelos projetos realizados, no Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO)/UFRN, por professores e alunos do PPGG (Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica) e o Grupo de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGMMA). Esses projetos vêm gerando grande número de dados georreferenciados que precisam ser integrados num SIG, que juntamente com o BDGA, constitui um valioso sistema computacional para monitoramento ambiental e gerenciamento dos recursos naturais e sociais, possibilitando uma melhor análise, segurança e troca de informações.

O BDGA, importante componente do SWIGG (Sistema Web de Informações Geográficas e Geoambientais), SIG desenvolvido e implantado no domínio por Souza (2004 e 2005), disponibiliza um ambiente computacional distribuído através de uma arquitetura de sistemas para Web, possibilitando, assim, transferência de tecnologia aos agentes e órgãos tomadores de decisão responsáveis pela proteção e gestão ambiental.

Também no monitoramento ambiental, os ambientes de riscos aos derrames de óleo devem ser estimados através da análise da trajetória desse poluente, de forma a reduzir as consequências ambientais e os esforços de limpeza. Esses tipos de acidentes ambientais podem ser cuidadosamente diagnosticados e avaliados através de estudos da modelagem de fluxo e transporte de contaminantes. Para a modelagem hidrodinâmica e o transporte de óleo no meio marinho foi utilizado um sistema de modelagem e simulação numérica o SisBAHIA (acrônimo de Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental). Portanto, um dos objetivos do SWIGG é disponibilizar um ambiente SIG, para o SisBAHIA, dando suporte as atividades de monitoramento e previsão da trajetória do óleo derramado nas áreas gerenciadas.

Este trabalho mostra uma breve descrição como as principais partes do SWIGG foram desenvolvidas e como pode auxiliar a tomada de decisão nas atividades de monitoramento do derrame de óleo. No desenvolvimento foram utilizadas tecnologias de informação para disseminação das informações geográficas na Web (linguagem Java versão J2EE), para o armazenamento e gerenciamento dos dados (SGBD Oracle 9i, Oracle Spatial 9i, Oracle MapViewer 9i e Oracle interMedia 9i) e para simulação computacional dos processos hidrodinâmicos e físico-químicos que acontecem quando o petróleo atinge o oceano (simulador numérico para modelagem hidrodinâmica e o transporte do óleo derramado - SisBAHIA).

## 2. Metodologia Utilizada

### 2.1 Desenvolvimento da Base Cartográfica Digital

Na produção da base cartográfica digital foi realizado o Processamento Digital de Imagens Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, SPOT, CBERS 2, e IKONOS; gerando, para gestão das áreas de risco, todo mapeamento ambiental envolvendo dados geográficos dos tipos geológicos, geofísicos, e socioeconômicos. Para a vetorização em SIG dos mapas temáticos digitais na escala de 1:10000, foram utilizadas ferramentas computacionais do universo de Geoprocessamento (por exemplo: ArcView GIS 3.2 da ESRI e ERMMapper 6.0 da Earth Resource Mapping) (Silva et al., 2005).

A base de dados disponibilizará, portanto, dados geográficos ambientais agrupados em dados de Sensoriamento Remoto (imagens de satélite, fotografias aéreas), Mapas Temáticos (Uso e Ocupação do Solo, Geologia, Geomorfologia, Zoneamento, Vulnerabilidade Ambiental, Perfis de Praia, Índices de Sensibilidade do Litoral, Biologia), Dados Socioeconômicos (cidades, portos, vilas, povoados, sistema viário, saneamento básico, energia), Dados da Indústria Petrolífera (plataformas, dutos, emissários, campos de óleo, áreas de investigação), Dados Hidrodinâmicos (ventos, correntes, ondas, marés), Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derrame de Óleo, Mapa de Dinâmica Costeira e Dados Geofísicos e Oceanográficos (coletados através de equipamentos apropriados: Ecobatímetro, Side Scan Sonar, Radar de Penetração no Solo, sonda CTD, Perfilador de Correntes Acústico Doppler).

### 2.2. Desenvolvimento do Banco de Dados Geográficos

O BDGA foi implementado baseando-se nos modelos conceitual e lógico do Banco de Dados Geográficos desenvolvido por Castro (2004). Devido a grande quantidade de dados coletados das áreas costeiras ao norte do Estado do RN, o BDGA foi adaptado para o modelo físico do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) Oracle 9i da Oracle Corporation, (SGBD altamente robusto e eficiente para grandes bases de dados).

Para o projeto do BDGA foi adotado o Oracle Spatial 9i disponível no SGBD objeto-relacional Oracle 9i. O uso do Oracle Spatial 9i (pacote com um conjunto de funcionalidades e procedimentos que permite armazenar, acessar e analisar dados geográficos num banco de dados Oracle) em conjunto com o SGBD Oracle 9i permitiu construir uma solução SIG, de arquitetura integrada (arquitetura para tratamento conjunto aos dados convencionais e geográficos), para o BDGA (Souza, 2004).

Ao usar uma arquitetura integrada, os dados geográficos do BDGA (com seus atributos descritivos e geometrias espaciais) foram armazenados em tabelas, onde os atributos alfanuméricos/descritivos são definidos como colunas de tipos básicos disponíveis no SGBD Oracle 9i (VARCHAR2, NUMBER, etc) e a geometria, como uma coluna do tipo SDO\_GEOMETRY (tipo de dado objeto utilizado para representar feições georreferenciadas através de ponto, linha ou polígono) (Murray, 2002). Assim para armazenar um dado geográfico, como por exemplo os municípios de uma região, podemos representar através de uma tabela (Figura 1) onde para cada registro temos o nome do município (representado pela estrutura de dados VARCHAR2) e sua representação geográfica através de um polígono georreferenciado (representado pelo objeto SDO\_GEOMETRY do Oracle Spatial 9i).

```
CREATE TABLE GUAMARE_MUNICIPIOS
( Município VARCHAR2(50),
  Geometria MDSYS.SDO_GEOMETRY);
```

| [Município]        | [Geometria] |
|--------------------|-------------|
| Macau              |             |
| Guamaré            |             |
| Calinhos           |             |
| Caiçara do Norte   |             |
| São Bento do Norte |             |

Figura 1. Criação da tabela (através do SQL) e sua representação visual

### 2.3. Desenvolvimento do Sistema de Informações Geográficas

A necessidade de acompanhamento e revisão constante dos dados geográficos por parte das instituições e equipes envolvidas no monitoramento ambiental, promoveu o emprego da tecnologia de acesso via Web para o BDGA. Tal disponibilidade “on-line” ao BDGA, para redes locais e remotas, utiliza um sistema de navegação pictórica interativa, onde as informações geográficas podem ser selecionadas por apontamentos em mapas baseando-se na localização geográfica dos dados.

Naturalmente uma infra-estrutura abrangente de aplicações centradas na Web teve que ser adotada. Assim, o sistema SWIGG foi desenvolvido utilizando a plataforma J2EE juntamente com a linguagem de programação Java. A arquitetura para a aplicação SWIGG (Figura 2), arquitetura de três camadas para geração de conteúdo dinâmico na Web, possui as seguintes camadas: camada de visualização (controla a aparência e fornece os resultados, não se preocupando como a informação foi obtida ou de onde ela foi obtida), camada de controle (processos para geração de documentos hipertextos a serem entregue aos usuários) e camada lógica (se preocupa com o armazenamento, manipulação e geração de dados).

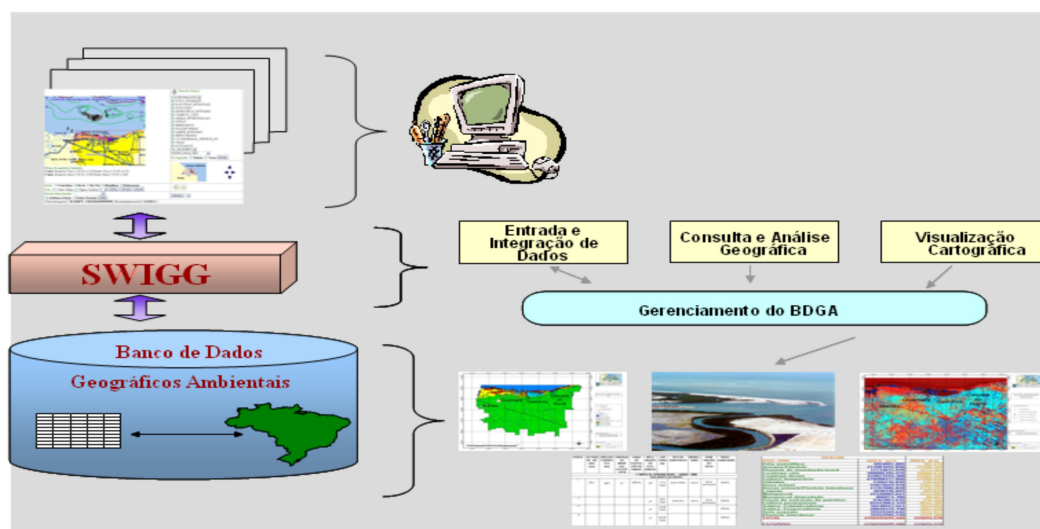


Figura 2. Arquitetura web do SWIGG para acesso on-line ao BDGA

Para navegar e visualizar os dados geográficos, mapeados pelo Oracle Spatial 9i, num mapa georreferenciado, foi usado o Oracle MapViewer 9i, escrito em Java e executado na arquitetura J2EE (Murray, 2003). Através do MapViewer o SWIGG tem acesso, de forma transparente, aos complexos recursos de busca e navegação aos dados geográficos do BDGA, como também aos recursos de visualização cartográfica (Figura 3).

Para o tratamento e processamento dos dados não estruturados do BDGA (por exemplo: imagens de satélite, fotografias aéreas, Mapas de Sensibilidade Ambiental para o Derrame de Óleo etc.) foi utilizado o Oracle interMedia, um recurso do SGBD Oracle 9i para processar, armazenar e consultar informações em arquivos de imagens, áudio, vídeo e de outros formatos, oferecendo, portanto, uma ferramenta confiável para dados multimídia no ambiente web (Ward, 2001).

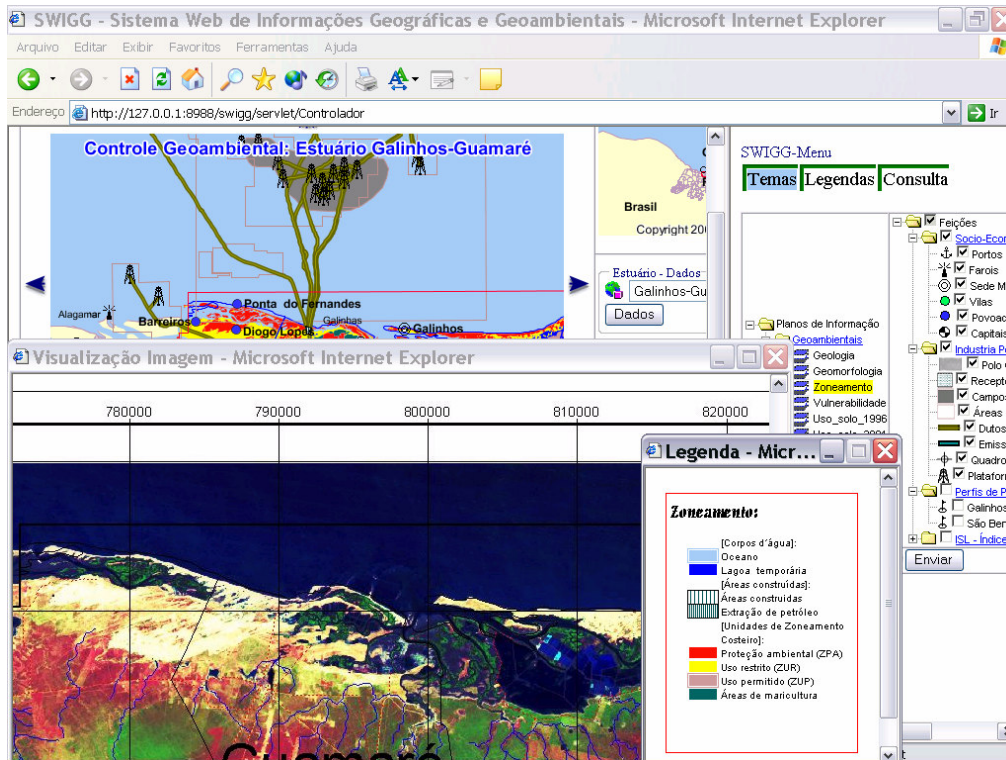


Figura 3. Tela do SWIGG exibindo dados geográficos do Estuário Galinhos-Guararé

### 3. Modelo e Simulador Numérico para o Monitoramento Geoambiental

Os derrames de petróleo em áreas marítimas provocam impactos diversos abrangendo vários danos econômicos e ambientais, por exemplo, problemas causados na indústria pesqueira ou qualquer indústria que utilize recursos marinhos como matéria prima e a destruição de ecossistemas sensíveis ao contato do óleo. Desta forma é fundamental o conhecimento da trajetória do óleo para a estimação de riscos potenciais, pois assim determinamos as áreas que poderão ser atingidas no caso de acontecer um eventual derrame de óleo próximo das regiões costeiras.

No contexto de derrame de óleo no mar, os simuladores computacionais de modelagem numérica procuram contribuir através da quantificação dos processos fluidodinâmicos, físico-químicos e biológicos que acontecem quando o petróleo atinge o oceano. Assim, com um sistema de modelagem e simulação numérica, os agentes responsáveis por combater a poluição por óleo disporão de uma ferramenta eficaz na detecção e monitoramento constante de manchas de óleo no meio marinho.

Neste trabalho está sendo utilizado o modelo computacional SisBAHIA (Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental), em contínuo desenvolvimento na Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ (ROSMAN, 2000), para modelar e simular a hidrodinâmica da área costeira e estuarina do Estuário Galinhos-Guararé e o transporte de óleo nessa região.

Na modelagem dos processos fluidodinâmicos, devemos analisar todo o contexto ambiental, ou seja, tanto os processos oceânicos quanto os processos atmosféricos. Assim fica bastante evidente a necessidade de um ambiente SIG, proporcionado pelo SWIGG, para o armazenamento e a consulta dos dados necessários ao modelo computacional; ou seja, todo o conjunto de dados úteis para as etapas de pré e pós processamento do simulador (por exemplo, as forçantes que atuam no meio (ventos, correntes, maré e etc) para a delimitação das condições iniciais e de fronteira no modelo hidrodinâmico) (Figura 4).

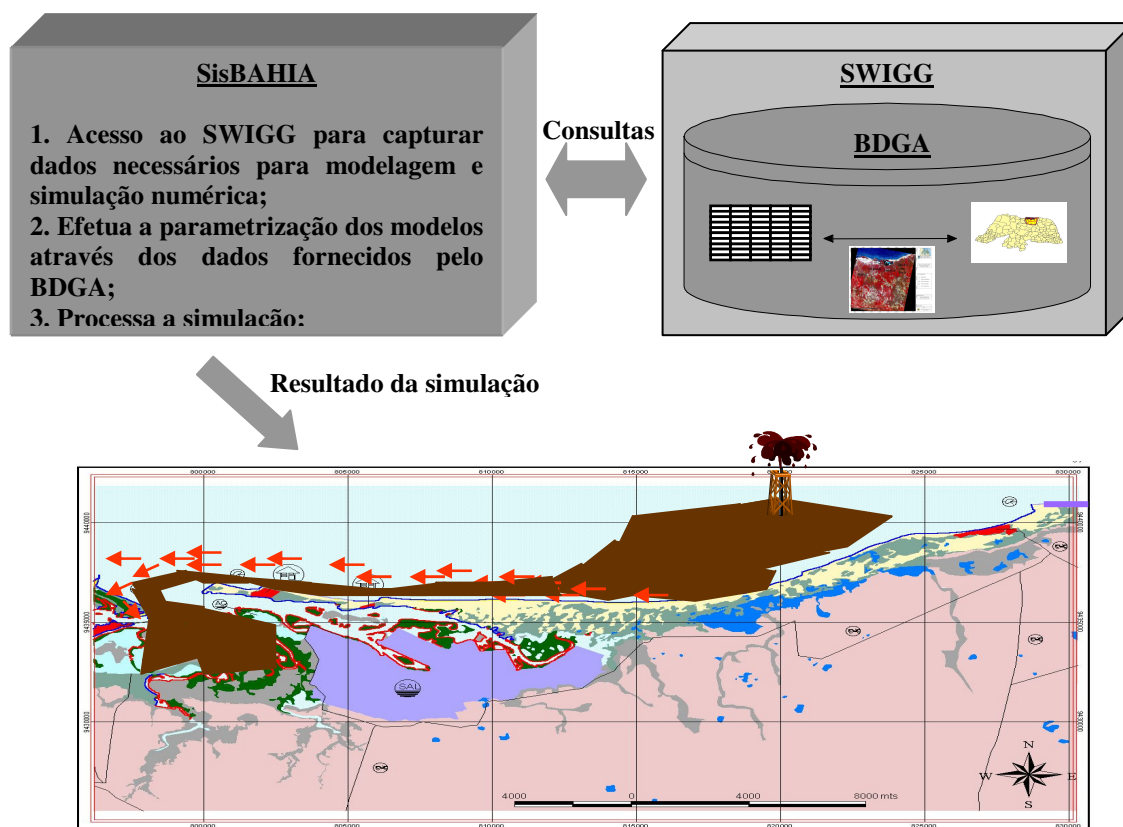


Figura 4. Utilização do SWIGG – BDGA pelo SisBAHIA

#### 4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Como a principal atividade econômica no Litoral Norte do RN é a extração de petróleo, a criação e o desenvolvimento do BDGA, acessado pelo SIG desenvolvido (SWIGG), para esta região, é de grande importância para cumprir os objetivos de monitoramento ambiental quanto aos impactos dos derrames de óleo nas regiões costeiras e estuarinas. O SWIGG, portanto, mostra-se um importante ambiente computacional SIG de apoio ao processo de simulação e monitoramento da trajetória do óleo efetuado pelo SisBAHIA. O SWIGG, usando a plataforma J2EE, mostra-se bastante flexível e seguro na disponibilização das informações geográficas do BDGA para a Internet (Web). O BDGA, utilizando o conjunto de tecnologias para Banco de Dados Geográficos da Oracle Corporation, mostra-se bastante robusto e confiável no gerenciamento da base cartográfica do domínio.

Um próximo passo importante para o melhoramento do SWIGG, será a reestruturação do BDGA para tratar os aspectos temporais das informações geográficas do domínio, ou seja, o BDGA será reestruturado para uma arquitetura de Banco de Dados Temporais (BDT's). O SWIGG, portanto, passará a ter capacidade de tratar os aspectos temporais e espaciais, sendo uma poderosa ferramenta computacional no sentido de armazenar dados geográficos históricos e atuais. Então, será possível fazer uma análise comparativa entre os mesmos, podendo-se, desta forma, avaliar as mudanças ocorridas no meio ambiente ao longo do tempo.

O BDGA, apresentando característica de armazenamento temporal, será de fundamental importância para o SWIGG e o SisBAHIA, modelando de forma mais realista e atual os processos oceânicos e atmosféricos, objetivando, desta forma, o controle em tempo real da dispersão de óleo nas áreas gerenciadas.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência Nacional do Petróleo (ANP) pela concessão de bolsa durante a execução deste trabalho, por meio do PRH22-ANP; aos Projetos MAMBMARE (FINEP/PETROBRAS/CTPETRO), PETRORISCO (FINEP/CNPq/CTPETRO) e PROBRAL 150-02 (CAPES/DAAD) pelo suporte financeiro. Ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica e Departamento de Geologia da UFRN pela infra-estrutura necessária.

#### 6. Bibliografia

- CASTRO, A. F. Modelagem e desenvolvimento de um banco de dados geográficos: Aplicação à elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte – RN. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.
- CASTRO, A. F., GRIGIO, A.M., SOUTO, M.V.S., AMARO, V.E., VITAL, H. Modeling and Development of a Geographic Database: Application to the elaboration of oil-spill environmental sensitivity maps in coastal areas of the Rio Grande do Norte State, *Journal of Coastal Research*, SI 39, 2004.
- MURRAY, Chuck 2002. *Oracle Spatial User's Guide and Reference, Release 9.2*. Oracle Corporation.
- MURRAY, Chuck 2003. *Oracle Application Server MapViewer User's Guide, Release 10G (9.0.4)*. Oracle Corporation.
- ROSMAN, P. C. C. Referência Técnica do SisBAHIA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental. 151f. *Relatório COPPETEC-PENO-565*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- SILVA, D. R. V., CASTRO, A. F., SOUZA, C. F., SOUTO, M. V. S., AMARO, V. E. 2005. Contribuição ao Desenvolvimento de um Banco de Dados Ambientais Georreferenciados, como auxílio ao monitoramento ambiental de áreas de risco à derramamentos de petróleo e seus derivados. *XII SBSR-2005*.
- SOUZA, C.F. Sistema Web de Informação Geográfica para Gestão Ambiental: Monitoramento da ação da indústria petrolífera nas áreas costeiras do litoral norte do RN. *Relatório de Graduação em Ciências da Computação*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2004.
- SOUZA, C. F., CASTRO, A. F., AMARO, V. E. 2005. Sistema de Informação Geográfica para o monitoramento ambiental de regiões costeiras e estuarinas do Estado do Rio Grande do Norte. *XII SBSR-2005*.
- WARD, Rod 2001. *Oracle interMedia User's Guide and Referente, Release 9.0.1*. Oracle Corporation.