

DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS EM UM AMBIENTE SIG E SUA APLICAÇÃO NA ELABORAÇÃO DE MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO EM ÁREAS COSTEIRAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

ANGÉLICA FÉLIX DE CASTRO¹
VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO¹
HELENICE VITAL¹

¹PPGG – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Caixa Postal 1596 - CEP: 59078-970. Natal – RN

angelica@summer.com.br; veneamaro@bol.com.br; helenice@geologia.ufrn.br

Abstract: This work consisted to elaborate a Geographic Database to store the data of the coastal area in the Rio Grande do Norte State. The main goal was to use the potentiality of the GIS as a tool to support decisions in the environmental monitoring of this region, a valuable target for oil exploration. The second stage of this work consisted on elaborate Oil-Spill Environmental Sensitivity Maps. These maps were important in the evaluation of area, to determine the actual situation of area, evaluating your potentials and your fragilities.

Keywords: geoprocessing, geographic database, oil-spill environmental sensitivity.

1. INTRODUÇÃO / OBJETIVOS

Atualmente a preocupação com fatores ambientais é uma realidade que preocupa todos os setores da sociedade, principalmente pesquisadores e profissionais que trabalham diretamente com a situação do meio ambiente. Dessa forma, existe uma preocupação muito grande em organizar o espaço, de modo que essas mudanças agridam o mínimo possível o meio ambiente. A partir dessa preocupação, vários estudos sobre impactos ambientais estão sendo realizados no propósito de avaliar e proteger as regiões mais sensíveis em relação às modificações; e o Geoprocessamento possibilita o tratamento eficaz e rápido dos dados ambientais, agilizando a execução de processamento desses dados e garantindo confiabilidade nos resultados finais obtidos. Essa tecnologia está se tornando uma ferramenta imprescindível nos estudos referentes a Impactos Ambientais.

Seguindo essa nova tendência, realizou-se o presente trabalho, cujo objetivo principal foi elaborar Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo de áreas costeiras da porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, baseando-se nos Sistemas de Informações Geográficas e no Banco de Dados Geográficos construído. Essa necessidade surgiu devido à área de estudo localizar-se próximo ao Pólo Petrolífero de Guamaré.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, localizada no Nordeste brasileiro, na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, englobando parte da margem costeira norte do estado. A área é limitada do município de São Bento do Norte até Galinhos com uma dimensão aproximada de 600 Km² (**Figura 1**).

A geologia da área de estudo está inserida no contexto do domínio da Bacia Potiguar (Cretáceo); com alguns sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras do Terciário, formadores de solos arenosos e areno-argilosos, que recobrem os calcários da Formação Jandaíra (estes ocorrem somente em subsuperfície). Em Galinhos destaca-se uma faixa estuarina onde predominam os aluviões recentes, com solos areno-argiloso com muita matéria orgânica. Toda a área encontra-se inserida na zona costeira e possui sedimentos e rochas sedimentares que representam depósitos cenozóicos de sistemas deposicionais costeiros (Caldas 1996). São

áreas marcadas fortemente por processos costeiros deposicionais e erosionais causadas pela ação conjunta dos ventos, correntes, ondas e marés (Hustedt 2000).

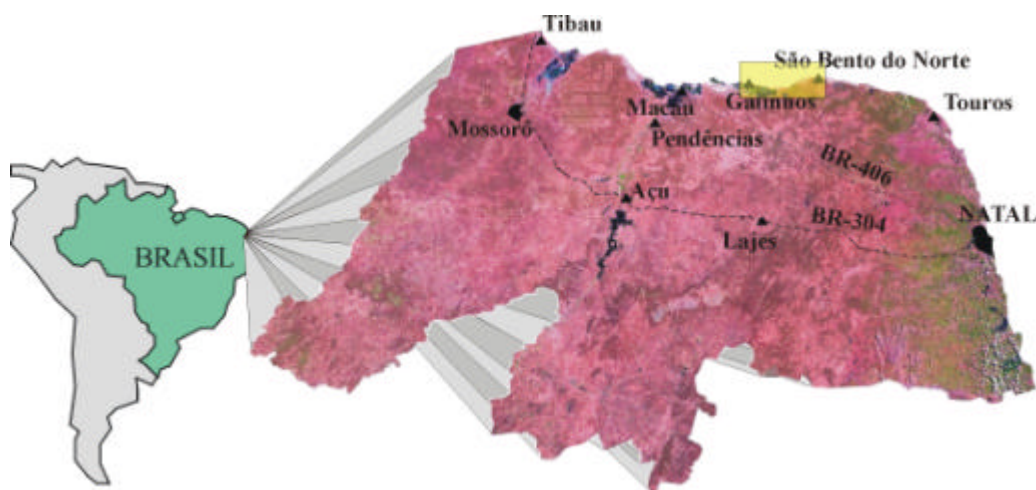


Figura 1 - Localização da área de estudo, englobando os municípios de São Bento do Norte e Galinhos.

Geomorfologicamente caracteriza-se por uma paisagem monótona próxima ao litoral, com a presença de uma ampla planície de maré. Nessa faixa litorânea, as altitudes geralmente estão situadas ao nível médio dos mares (Dantas 1998). Esta região sofre constantes modificações geomorfológicas, erosionais ou deposicionais, causadas principalmente por processos marinhos (Caldas 1996). As formas deposicionais são as dunas móveis e fixas, os cúspides praias e as planícies arenosas sem feições geomorfológicas marcantes. Como formas erosionais destacam-se as falésias marinhas vivas, que sofrem ação erosiva das ondas diretamente (Caldas op.cit).

3. JUSTIFICATIVA

A construção de um BDG contendo informações geoambientais relevantes na elaboração de mapas de sensibilidade ao derramamento de óleo, para a área em estudo justifica-se plenamente pela presença do Pólo Petrolífero de Guamaré. O monitoramento ambiental destas áreas, onde ocorrem atividades de prospecção, exploração e transporte de petróleo, com a finalidade de prevenir e minimizar acidentes com óleo e gás é imperativo. Esta necessidade fica evidente na Portaria do MCT nº 552 de 08/12/99, que define as diretrizes gerais do Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural – CTPETRO, cujo objetivo final é a elaboração de um plano de contingência para derramamento de óleo no mar nas diversas áreas de exploração e produção *offshore* no Brasil, com a participação conjunta dos operadores.

Para elaboração de planos de contingência faz-se necessário o mapeamento das áreas sensíveis ao derramamento de óleo, bem como modelos previsionais do movimento da mancha de óleo, a partir de banco de dados consistentes, que possa incluir as diversas fases de monitoramento ambiental. Esse mapeamento é possível a partir da definição do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), que demonstra a sensibilidade da área na presença de óleo.

4. MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO

A sensibilidade da linha de costa classifica as seções do litoral em habitats, de acordo com suas características geomorfológicas, sensibilidade a derramamentos de óleo, persistência


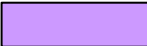




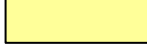



natural de óleo e condições de limpeza / remoção.

O sistema de classificação de sensibilidade é baseado no conhecimento das características geomorfológicas das áreas do litoral, considerando fatores como: grau de exposição à energia de ondas e marés; declividade do litoral e tipo do substrato, afetando sua permeabilidade e mobilidade.

O ISL (Índice de Sensibilidade do Litoral) é baseado nas características geomorfológicas da costa, fundamentais para a determinação do grau de impacto e permanência do óleo derramado, assim como, em muitos casos, para os tipos de procedimento de limpeza passíveis de serem empregados. A geomorfologia é, também, determinante para o tipo e a densidade das comunidades biológicas presentes na área (MMA 2002).

Cada ISL indica a sensibilidade de cada trecho da costa, que varia de 1 a 10, de acordo com as características físicas, ou seja, se é praia arenosa, costão rochoso, mangue, planície de maré entre outros. Os ISL's aqui utilizados foram baseados nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo (Cartas SAO) em vias de elaboração pelo Ministério do Meio Ambiente em 2002, baseado na classificação de sensibilidade adotada pelo NOAA. Uma vez determinado o índice de sensibilidade do local, cada ISL desse é representado por uma cor nos Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo. Esses mapas exibem, através dos ISL's, a reação do local diante da presença do óleo. As cores são aplicadas à linha de costa representando o limite entre terra e água (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Definição do ISL a partir de dados específicos (modificada a partir da tabela do NOAA)

GEOMORFOLOGIA DO LITORAL	GRAU DE EXPOSIÇÃO A ONDAS	INCLINAÇÃO ESTRÂNCIO	TIPO DE SUBSTRATO	PENETRAÇÃO DE ÓLEO NO SUBSTRATO	DEFINIÇÃO DO ISL	COR CORRESPONDENTE
Costões rochosos expostos, estruturas artificiais impermeáveis	Alto	> 30°	Costão rochoso	Impermeável	1	
Plataformas erodidas pela ação das ondas	Alto	< 30°	Leito rochoso	Impermeável	2	
Praias de areia fina ou média	-	< 5°	Areia fina a média (0,06 a 1 mm)	Semipermeável (< 10 cm)	3	
Praias de areia e cascalho	-	5 – 15°	Areia grossa/grânulo (2 – 4 mm)	Permeável (≤ 25 cm)	4	
Praias de areia e cascalho	-	8 – 15°	Areia e cascalho	≤ 50 cm	5	
Praias de cascalho e enrocamentos	-	10 – 20°	Cascalho	Altamente permeável (≤ 100 cm)	6	
Áreas intermarés planas expostas	Variável de alto a médio	< 3°	Areia	Penetração limitada	7	
Costões rochosos abrigados	Baixo	> 15°	Leito rochoso (algum sedimento)	-	8	
Áreas intermarés planas abrigadas	Baixo	< 3°	Lamoso	Baixa permeabilidade	9	
Marismas, manguezais	Médio a baixo	< 10°	Areia lamosa	Baixa permeabilidade	10	

5. MÉTODOS E MATERIAIS

A primeira fase desse trabalho consistiu em desenvolver um Banco de Dados Geográficos com todos os dados importantes e necessários para determinação dos índices de sensibilidade

posteriormente. Para desenvolver esse BDG, foi necessário seguir as etapas essenciais no desenvolvimento de qualquer banco de dados, enfatizadas por Gomes (1997), Filho (2000) e Heuser (2001): 1º) Modelo conceitual, onde a partir da especificação de requisitos, são representadas quais as entidades (descritas por seus atributos) serão armazenadas no banco de dados e os relacionamentos existentes entre elas; 2º) Modelo lógico onde se define como as essas entidades serão armazenadas na estrutura do BD (em tabelas, por exemplo); e 3º) Modelo físico onde são definidos detalhes de implementação dos dados, descrevendo a estrutura de armazenamento e os métodos utilizados para acessar os dados efetivamente.

A modelagem conceitual adotada nesse trabalho foi o GeoFrame, um modelo desenvolvido pelo grupo de pesquisa em banco de dados geográficos do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O GeoFrame é um framework¹ conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista na modelagem conceitual de dados geográficos (Filho et.al 1999).

O Geoframe realiza uma abordagem top-down² composta de três etapas. Inicialmente são identificados, para cada área geográfica, os diversos temas (e subtemas) a serem projetados. Na segunda etapa é definido um subesquema de classes para cada tema identificado. Ainda nessa etapa, é feita a especificação das associações entre classes de diferentes temas. Por último, são realizadas a análise e modelagem do tipo de representação espacial de cada fenômeno geográfico identificado.

No BDG em questão, foi definida na primeira fase do GeoFrame a região geográfica da área de estudo e os temas mais genéricos a serem representados. Os dados da área de estudo são oriundos de várias fontes distintas e são de diferentes categorias. Devido a isso, procurou-se agrupá-los em pacotes de acordo com suas características semelhantes (**Figura 2**):

- Dados Hidrodinâmicos - retratando os principais aspectos da dinâmica costeira (ventos, correntes, ondas, marés);
- Dados de Perfis de Praia - levantamento mensal de perfis topográficos da zona de praia e da caracterização ambiental praial;
- Dados Sedimentológicos - são informações referentes à análise granulométrica das amostras de sedimentos coletadas na área em estudo;
- Dados de Sensoriamento Remoto – são dados do tipo *Imagem de Satélite e Fotografias Aéreas*;
- Mapas Temáticos – categoria que abrange os diversos tipos de mapas que podem ser construídos após a etapa de campo (*Mapa de Uso do Solo, Mapa de Geologia, Mapa de Vegetação, Mapa Geofísico, Mapa de Geomorfologia, entre outros*).

Na segunda etapa os pacotes são detalhados, identificando as classes que compõem cada um deles e as associações existentes entre elas. Para não mostrar uma modelagem muito extensa, o pacote de Dados Hidrodinâmicos foi escolhido para ser mais detalhado nas etapas seguintes (**Figura 3**). Na terceira e última etapa define-se quem é Objeto Convencional (\triangle), quem é Objeto Geográfico (\triangle) e de que tipo (ponto, linha, polígono ou objeto complexo); e quem é Campo Geográfico (\triangle) e qual tipo (imagem, TIN, ponto regular, polígonos adjacentes...). Essa última fase encontra-se representada na **Figura 4**.

Dessa forma foi elaborado todo o banco de dados no software ArcView 3.2 baseado nessa modelagem conceitual.

¹ *Framework* é composto por um conjunto de classes e pode ser definido como uma estrutura (ou esqueleto) de implementação de uma aplicação ou de um subsistema de aplicação, em um domínio de problema particular.

² A tradução do termo *top-down* significa “do topo até embaixo” e é semelhante a representação hierárquica, utilizada para descrever organogramas.

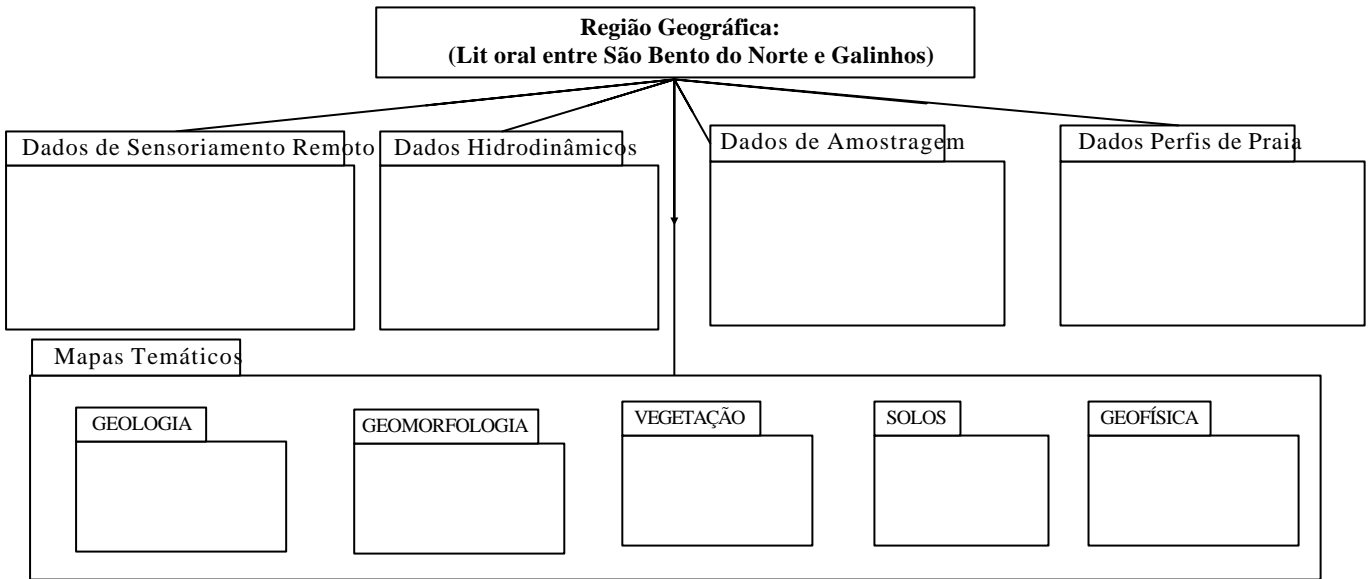


Figura 2 - Primeira Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: definição da região geográfica e dos pacotes.

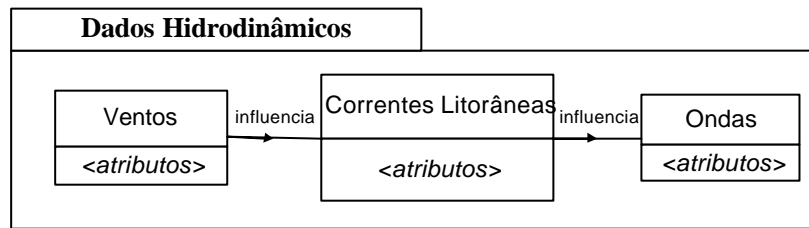


Figura 3 - Segunda Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Detalhamento do pacote Dados Hidrodinâmicos e as associações existentes entre as suas classes.

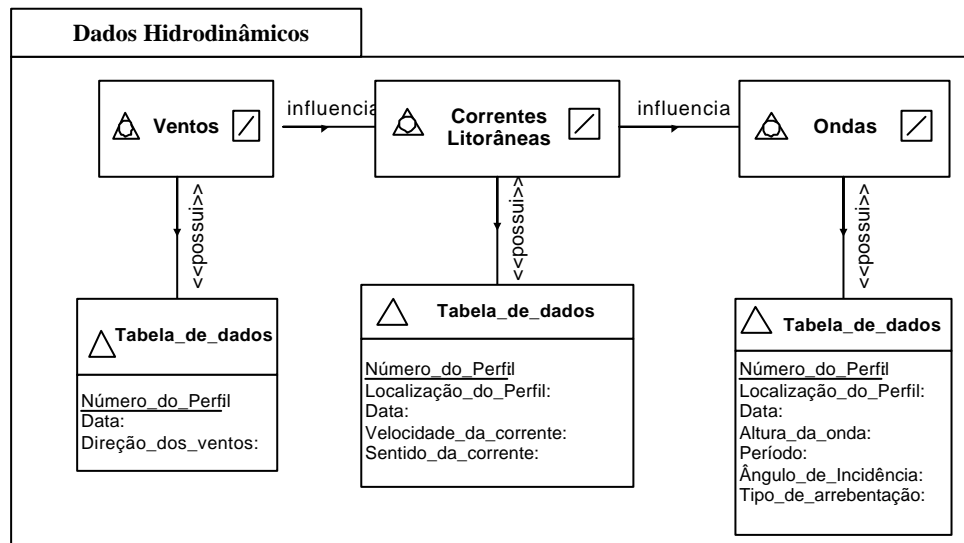


Figura 4 - Terceira Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Detalhamento de cada classe existente no pacote Dados Hidrodinâmicos.

Para definir os ISL's a partir do BDG previamente desenvolvido, foi necessário acessar dados que são de extrema importância na definição do ISL. Dados como o mapa de

geomorfologia da área; dados hidrodinâmicos, especificamente energia das ondas e direção de correntes; dados de perfil de praia, como inclinação (ou declividade) do estirâncio e características do substrato, tais como granulometria e permeabilidade são consideradas imprescindíveis para se definir a sensibilidade do local à presença do óleo. O grau de exposição à energia de ondas e marés e direção da corrente é importante, pois o tempo de permanência do óleo em ambientes de alta energia de ondas e marés tende a ser menor do que em ambientes abrigados. Portanto, quanto maior a exposição à energia de ondas e marés, mais rápida será a limpeza natural da praia e menor será a sensibilidade ao óleo. A declividade da praia pode ser favorável ou não ao óleo. Litorais muito inclinados caracterizam-se pelo tempo mínimo de permanência do óleo. Logo, quanto mais inclinado, melhor. E o tipo de substrato vai determinar ou afetar alguns parâmetros, como permeabilidade, mobilidade do sedimento e permanência do óleo, além da trafegabilidade de veículos (Castro 2002).

Um dos requisitos no acesso ao BDG foi consultar épocas distintas para verificar se o índice de sensibilidade mudaria dependendo da estação. Dessa forma, foram escolhidos os meses de Junho/2000 e Dezembro/2000, para perceber essa possível mudança.

Assim, foram acessados do BDG os quatro tipos de dados essenciais citados anteriormente na definição dos ISL's. Os resultados dessa consulta foram 4 tabelas distintas com o campo Mês presente em todas elas. Mas, a existência de tabelas separadas não chegaria a conclusão nenhuma. Dessa forma, foi necessário realizar um JOIN entre as tabelas, onde o campo em comum foi o campo Mês, pois este estava presente em todas elas. A partir do resultado desse JOIN, foi acrescentado um novo campo do tipo Number (o campo ISL), utilizou-se a ferramenta QUERY BUILDER do ArcView para localizar dados específicos (por exemplo: Geomorfologia com beachrocks, Ondas ≥ 30 cm, Inclinação do estirâncio $\geq 10^\circ$ e substrato de areia média). Dessa forma, o resultado seria uma intersecção de todos esses requisitos. Após determinar as linhas (ou trechos da área) que possuíam todas essas características, era definido o valor do campo ISL.

Após definidos todos os ISL's, têm-se o índice de sensibilidade do litoral ao derramamento de óleo de cada trecho. Quanto maior esse índice, maior é a sensibilidade ao óleo. Por exemplo, um trecho com sensibilidade 10 é bem mais sensível que um trecho com sensibilidade 5. Definidos os ISL's de todos os trechos consultados no BDG, foi possível visualizar cada índice no mapa de geomorfologia da área na View do ArcView.

6. RESULTADOS

O resultado desse trabalho, além da construção do banco de dados geográficos e do seu perfeito funcionamento, foi a elaboração dos mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo dos meses de Junho/2000 e Dezembro/2000 da área de estudo.

Uma tabela de dados final foi elaborada, a partir dos dados específicos, exibindo todos os ISL's da área de estudo, definidos pelo SIG através do cruzamento de informações (Tabela 2).

Tabela 2 - Determinação dos índices de sensibilidade em Junho/2000 e Dezembro/2000.

JUNHO/2000					DEZEMBRO/2000				
Litologia	Altura Ondas	Inclinação Estirâncio	Substrato	ISL	Litologia	Altura Ondas	Inclinação Estirâncio	Substrato	ISL
Presença beachrocks	45,2	16°	Areia Média	2	Presença beachrocks	10,7	9°	Areia Média	4
Praia areia fina	40,1	0°	Areia Fina	3	Praia areia fina	14	12°	Areia Média	4
Beachrocks	43,7	15°	Areia Média	2	Beachrock	17,2	5°	Areia Fina a Média	3
Manguezal				10	Manguezal				10

Após determinados os ISL da região, estes puderam ser visualizados no mapa de geomorfologia (**Figuras 5 e 6**).

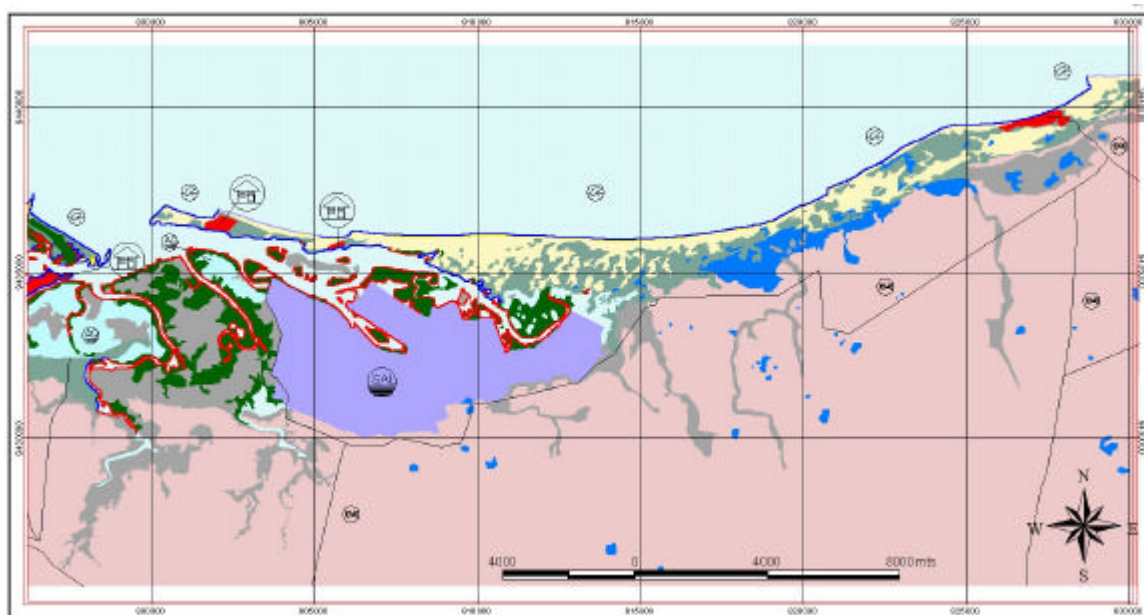


Figura 5 – Mapa de geomorfologia da área com os índices de sensibilidade do mês de Junho/2000 (ISL 2 (), 3 () e 10 ()).

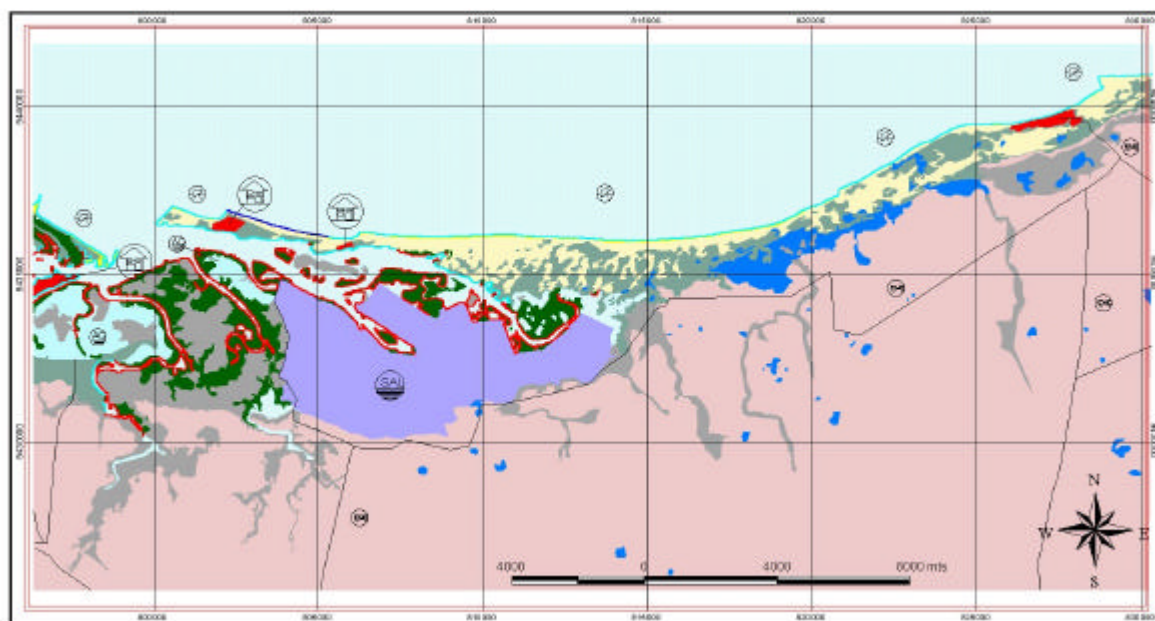


Figura 6 – Mapa de geomorfologia da área com os índices de sensibilidade do mês de Dezembro/2000 (ISL 3 (), 4 () e 10 ()).

7. CONCLUSÕES

Algumas conclusões foram comprovadas: a utilização do SIG foi extremamente satisfatório no estudo ambiental, sendo o Banco de Dados um componente de extrema importância na obtenção dos resultados.

A modelagem conceitual utilizada, o modelo Geoframe, foi altamente importante, visto que este definiu todos os dados a serem inseridos no BDG, bem como todos os

relacionamentos existentes entre eles. O ArcView 3.2 foi satisfatório no armazenamento de dados e se mostrou uma ferramenta de fácil manipulação e visualização das informações espaciais.

Quanto aos índices de sensibilidade do litoral (ISL's), estes exibem a reação de uma área diante da presença de óleo. Utilizando-se os dados espaciais armazenados no BDG, foi possível identificar os ISL's da área situada entre Galinhos e São Bento do Norte nos meses de Junho/2000 e Dezembro/2000, onde o mês de Dezembro apresentou-se bem mais sensível ao óleo que o mês de Junho. Esse aumento da sensibilidade pode ser explicado pela diminuição do tamanho das ondas, já que quanto maior a onda, mais rápida é a limpeza natural do óleo. Alguns dados foram primordiais na determinação desses índices, tais como: geomorfologia da área, grau de exposição à energia de ondas e marés; declividade do estirâncio e o tipo do substrato existente no local, enfatizando principalmente a penetração do óleo. A potencialidade do Geoprocessamento foi realmente válida na determinação dos índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo da área de estudo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caldas, L.H. de O. *Geologia Costeira da Região de São Bento do Norte e Caiçara, Litoral Potiguar*. Mestrado (Dissertação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1996. 83 p.
- 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*. Mestrado (Dissertação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002. 80 p.
- Dantas, E.P. *Gravimetria e Sensoriamento Remoto: Uma Aplicação ao Estudo da Tectônica Recente entre Macau e São Bento do Norte (RN)*. Mestrado (Dissertação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1998. 97 p.
- Filho, J.L.; Iochpe, C.; Hasenack, H.; Weber, E. J. Modelagem Conceitual de Banco de Dados Geográficos: o estudo de caso do Projeto PADCT / CIAMB. In: Banco de Artigos, Centro de Recursos Idrisi, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/idrisi/artigos/>>. Acesso em: 24 set. 2001.
- Filho, J.L. *Projeto Conceitual de Banco de Dados Geográficos através da reutilização de Esquemas, utilizando Padrões de Análises e um Framework Conceitual*. Doutorado (Tese) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 212 p.
- Gomes, M.K.N.F. *Sistemas de Informações Geográficas como Base da Interface do Sistema SAGRI - Sistema Inteligente de Apoio à Atividade Agrícola*. Graduação (Monografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1997. 52 p.
- Heuser, C.A. *Projeto de Banco de Dados*. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzato, 2001. 204 p.
- Hustedt, S. *Aeolian morphodynamics in the region of São Bento do Norte on the NE-coast of Brazil*. Master (Thesis) - Christian Albrechts University, 2000. 69 p.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo*. 2002. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos, Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental, Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Projeto Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras (MAMBMARE), pelo apoio financeiro, bem como à Agência Nacional de Petróleo (ANP) e à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás Natural – PRH22-ANP/MME/MCT.