

Revista Brasileira de Cartografia (2013) Nº 65/5: 805-817  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **INTEGRAÇÃO DADOS ESPACIAIS PARA A GERAÇÃO DAS CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO DO LITORAL DE PERNAMBUCO - CARTAS SAO**

*Spatial Data Integration for the Creation of Environmental Sensivity Index Maps  
of the Coast of Pernambuco - ESI Maps*

**Diego da Silva Valdevino & Lucilene Antunes Correia Marques de Sá**

**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**

**Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar - DECart - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife - PE - Brasil

diego.valdevino@gmail.com

lacms@ufpe.br

*Recebido em 06 de maio, 2011/ Aceito em 26 de julho, 2011*

*Received on may 06, 2011/ Accepted on july 26, 2011*

### **RESUMO**

Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo - Cartas SAO são documentos cartográficos oficiais, regulamentados pelo Ministério do Meio Ambiente, e que fazem parte dos elementos obrigatórios para os planos de contingência aos casos de derramamentos de derivados de petróleo no litoral. Com a instalação da Refinaria Abreu e Lima no litoral Sul de Pernambuco, foi necessária a construção das cartas SAO para o mesmo. Objetivando a elaboração destas Cartas, em 2008, iniciou-se uma parceria dentro da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE entre o Departamento de Oceanografia, o Departamento de Engenharia Cartográfica e a Petrobras. Para elaboração do mapeamento, foi necessária a utilização de dados espaciais de quatro fontes distintas, Imagens *QuickBird*, Cartas Vetoriais produzidas em CAD, Cartas Náuticas e um Banco de dados com as informações adquiridas em campo a respeito dos dados que compõe as cartas SAO. Neste trabalho é descrita a metodologia empregada no tratamento e integração destes dados para a confecção das cartas SAO do litoral Pernambucano.

**Palavras chaves:** Cartas SAO, Integração de Dados, SIG.

### **ABSTRACT**

Environmental Sensivity Index Maps - ESI Maps (Cartas SAO) are official cartographic documents regulated by *Brazilian Ministry of the Environment* and they are also one of the mandatory elements of contingency plans against oil spill on the coast. With the creation of Abreu e Lima Refinery in the state of Pernambuco south coast, the creation of ESI Maps to that area was needed. Because of that, in 2008, a partnership started with Federal University of Pernambuco, between Cartographic Engineering and Oceanography departments. It was necessary the use of four different spatial data sources: Quickbird Images, charts produced in CAD, raster nautical Charts and a database with field information about the kind of data present in ESI Maps to create the maps. We describe the methods used to treat and integrate these different data sources to create the ESI Maps.

**Keywords:** ESI Maps, Data Integration, GIS

## 1. INTRODUÇÃO

As Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo – Cartas SAO, usadas desde a década de 70, são instrumentos fundamentais de auxílio a tomada de decisão em casos de derramamento de óleo. Nas Cartas SAO são mapeados diversos recursos naturais e de uso e ocupação humana. Outro aspecto importante das Cartas SAO reside na classificação feita para toda a linha costa, baseada em suas características geomorfológicas e oceanográficas. De posse das informações, é possível avaliar os impactos sócio-ambientais no caso de um desastre, bem como direcionar as ações de resposta a derramamentos, garantindo eficiência aos responsáveis pela defesa destes ambientes costeiros.

Dentre os requisitos necessários para a construção da Refinaria Abreu e Lima, no litoral Sul do estado de Pernambuco, inclui-se a elaboração do conjunto de cartas SAO para o ambiente costeiro. A construção das Cartas foi uma cooperação entre o Departamento de Oceanografia e o Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, com o apoio e o financiamento da Petrobras.

O projeto Cartas SAO em Pernambuco foi desenvolvido ao longo de um ano e meio, envolvendo pesquisadores de várias áreas da UFPE, como Oceanografia, Ciências Biológicas, Geologia e Engenharia Cartográfica.

O objetivo deste trabalho é o de apresentar a metodologia empregada no tratamento dos dados espaciais empregados na confecção das cartas SAO do litoral de Pernambuco.

## 2. AS CARTAS SAO

Fundamentalmente, as cartas SAO são criadas para auxiliar os planos de contingência e as ações de defesa para os casos de derramamento de óleo, independente da escala do desastre. Estas cartas são instrumentos valiosos para as respostas a vazamentos de óleo, pois possibilitam a identificação dos ambientes mais sensíveis, direcionando os esforços de campo para o combate ao derramamento (WIECZOREK, 2006).

Segundo GHERARDI (2008), a sistematização da construção das Cartas foi iniciada em 2000, quando surgiram as primeiras discussões sobre a elaboração das normas técnicas para

cartas SAO. A Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente (SMCQA/MMA) em conjunto com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a Agência Nacional do Petróleo (ANP) prepararam o primeiro documento de Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo na zona costeira e marinha. Estas especificações foram criadas com base nas normas internacionais editadas pela Organização Marítima Internacional (IMO) e pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOOA/EUA) dos Estados Unidos. A estas normas, foram acrescentados os habitats e feições presentes na costa brasileira, para que os mesmos fossem sistematicamente classificados, considerando para tanto a experiência adquirida pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CENPES) da Petrobrás, pela Marinha do Brasil, pela comunidade científica e por representantes da indústria do Petróleo. Este trabalho foi validado em 2001 em um evento ocorrido no Rio de Janeiro e submetido em 2002 a apreciação pela Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, tornando-se, assim, um dos documentos cartográficos oficiais do Governo Brasileiro (SILVA et al, 2008).

As cartas SÃO também fazem parte dos elementos obrigatórios dos planos de ação de estruturas portuárias, além de outras instalações que manipulam, armazenam ou transportam derivados de petróleo. Os planos de área foram estabelecidos pelo Decreto nº. 4.871 de 6 de novembro de 2003.

O Documento do MMA classifica as cartas SAO em três níveis, segundo a sua escala de abrangência (MMA 2004):

- **Estratégico:** de abrangência regional/bacia marítima, com escala pequena (menor ou igual a 1:500 000);
- **Tático:** intermediária/todo o litoral da bacia, com escala média (menor ou igual a 1:100 000 e maior ou igual a 1:250 000); e
- **Operacional:** locais de alto risco/sensibilidade, com escala média (menor ou igual a 1:10 000 e maior ou igual a 1:50 000).

## 2.1 Elementos das Cartas SAO

### 2.1.1 Índice de Sensibilidade do Litoral

Um dos aspectos mais importantes a ser representado nas cartas SAO é o ISL - Índice de Sensibilidade do Litoral. Ele hierarquiza os segmentos da costa com valores que variam de 1 a 10, indo do menos sensível ao mais sensível de acordo com as características geomorfológicas e oceanográficas dos segmentos (MMA 2004). Uma cor é atribuída a cada valor, e a composição RGB destas é apresentada na Tabela 1. A classificação deve ser feita através de levantamento de campo por equipe especializada. A composição de cores para o ISL foi adaptada pelo MMA (2004) a partir da proposta de ARAUJO *et al.* (2000).

Os critérios que são utilizados para classificar os segmentos são os seguintes:

- **Grau de exposição à Energia de Ondas e Marés:** o tempo de permanência do óleo em ambientes de alta energia de ondas e marés tende a ser reduzido, devido ao fluxo natural das águas, diferente de áreas abrigadas onde as águas são mais calmas e tendem a demorar mais a se dispersar.
- **Declividade do Litoral:** pode ser considerada alta (maior que 30°), moderada (entre 30° e 5°) ou pequena (menor que 5°), este aspecto é importante por influenciar diretamente na quebra e na reflexão das ondas, quanto mais inclinado o litoral mais forte são as ondas e maior é refluxo na praia, o que permite uma limpeza naturalmente mais rápida da área atingida. Além disso, estas

Tabela 1 - Composição de Cores para Representação gráfica do ISL

| Índice | Código |     |     |
|--------|--------|-----|-----|
|        | R      | G   | B   |
| ISL 1  | 119    | 38  | 105 |
| ISL 2  | 174    | 153 | 191 |
| ISL 3  | 0      | 151 | 212 |
| ISL 4  | 146    | 209 | 241 |
| ISL 5  | 152    | 206 | 201 |
| ISL 6  | 0      | 149 | 32  |
| ISL 7  | 214    | 186 | 0   |
| ISL 8  | 225    | 232 | 0   |
| ISL 9  | 248    | 163 | 0   |
| ISL 10 | 214    | 0   | 24  |

Fonte: MMA (2004)

áreas possuem área menor de praia e as ondas com alta energia, fatos que diminuem o estabelecimento de comunidades biológicas.

- **Tipos de Substrato:** determina parâmetros como permeabilidade, mobilidade do sedimento e permanência do óleo. Os tipos de substratos também determinam a trafegabilidade dos equipamentos de resposta.

### 2.1.2 Habitats Submersos da Linha de Costa

Alguns habitats submersos costeiros, como recifes de corais, bancos de alga ou plantas marinhas, devem ser representados nas cartas de sensibilidade, em especial aqueles localizados na ante-praia (*shoreface*), que é a região entre marés, ou seja, entre o nível da maré baixa e o da maré alta (BACKSTROM *et al.*, 2007). Ainda não foi desenvolvida uma metodologia para classificar essas áreas com um ISL específico, principalmente por esta ser influenciada pelas circunstâncias particulares de cada derramamento. Os habitats devem ser representados de acordo com a simbologia adequada que conste no Manual.

### 2.1.3 Recursos Biológicos

Segundo o MMA, este é o elemento mais importante a ser mapeado para as cartas SAO (MMA 2004). Os principais objetivos em mapear os recursos biológicos é conhecer os dados sobre a concentração das espécies, o seu ciclo de vida e a identificação das espécies protegidas, raras, ameaçadas ou em perigo de extinção. Estes dados visam subsidiar as decisões dos responsáveis pelo planejamento e resposta aos acidentes de derramamento de petróleo e derivados. Cada recurso biológico deve ser apresentado em seu respectivo polígono, identificado por uma cor e um ícone. As espécies a serem mapeadas são divididas nos seguintes grupos: mamíferos (aquáticos e terrestres), peixes, répteis/anfíbios, invertebrados marinhos e aves.

### 2.1.4 Informações Sócioeconômicas

As atividades sócioeconômicas presentes no litoral são caracterizadas pela ocupação dos espaços e usos dos recursos costeiros, como o turismo e a pesca. Estas atividades são extremamente sensíveis tanto a derrames de óleo e as ações de combate a poluição.

### 2.1.5 Informações estratégicas para resposta a derramamentos de Óleo

Dentre as informações importantes para resposta a derramamentos, o MMA considera indispensáveis as estradas secundárias, os locais de atracação, as rampas para barcos, os aeroportos, os heliportos/helipontos, os depósitos de equipamentos para contenção, limpeza e transporte (MMA 2004).

### 2.1.6 Fontes potenciais de poluição por óleo e derivados

Qualquer fonte potencial de poluição por petróleo e derivados deve ser representada nas cartas, como: tanques de óleo, oleodutos, gasodutos e terminais marítimos, fluviais e lacustres, refinarias, complexos de intenso tráfego de embarcações, plataformas, outras instalações flutuantes de produção e armazenamento, campos de produção de petróleo e indústrias petroquímicas

## 3. Cartas e as geotecnologias

Devido alta sensibilidade de certos segmentos da costa a derramamentos de óleo, as decisões com respeito às ações de contingência devem ser tomadas com grande velocidade e assertividade. Para tanto, as características intrínsecas de suporte à tomada de decisões que um Sistema de Geoinformações - SIG possui, faz com que o mesmo se torne uma tecnologia fundamental a ser empregada neste processo decisório.

### 3.1 Sistemas de Geoinformação - SIG

Os primeiros SIG surgiram como parte de um programa canadense para criação de um inventário de recursos naturais na década de 60 (CARVALHO *et al*, 2007). No final da década de 80, os SIG já haviam assumido um patamar tal, que se tornaram essenciais na tomada de decisões (ARONOFF 1989).

Os SIG são sistemas computacionais capazes de realizar análises espaciais complexas, integrando dados de fontes diversas, permitindo a criação de bancos de dados espaciais e tornam possível a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA *et al*, 2001).

### 3.2 Tipos de Dados em SIG

Os SIG manipulam dois tipos fundamentais de dados, os espaciais e os descritivos (LISBOA *et al*, 1997). Além destes, destacam-se como dados manipuláveis pelos SIG as relações espaciais e o tempo (BURROUGH 1986).

- **Dados Gráficos:** Para (CAMARA *et al.*, 1996) os dados gráficos são os que fornecem a posição na superfície terrestre de fatos, fenômenos e eventos em um determinado instante ou período de tempo. Estes podem ser representados como: pontos (ou nós), linhas (ou arcos), polígonos e células (ou matrizes);

- **Dados Descritivos:** Segundo (BURROUGH 1986) são os que armazenam informações sobre os dados gráficos, são estruturados de acordo com a natureza do que está sendo armazenado. Os dados descritivos podem ser de diversos tipos *e.g.*, tipo de substrato, classificação sócio-econômica, tábua de maré, entre outros. Podem ser armazenados de forma numérica ou alfanumérica;

- **Relacionamento Espacial:** Para (CAMARA *et al.*, 1996), este descreve a relação entre os dados. Esta relação pode se dar de três formas, topológica (como vizinhança, incidência e sobreposição), direcionadas (como acima, abaixo e ao lado) e métricas (definindo distâncias como perto e longe, e direção como Norte e Sul);

- **Tempo:** refere-se ao registro de informações coletadas em determinado instante ou monitoradas ao longo do tempo, como a variação do nível da linha de costa (BURROUGH 1986).

### 3.3 A Heterogeneidade das Formas de Aquisição de Dados em SIG

Uma base de dados espaciais para um SIG pode ser criada a partir de uma ampla gama de fontes. A coleta de dados para uma base pode ser de maneira direta ou indireta. As fontes diretas de coleta de dados são, por exemplo, posicionamento por satélite, topografia, fotogrametria, sensoriamento remoto e levantamento de dados em campo (HOHL 1998). Também é uma prática usual, na obtenção de dados, a importação de arquivos existentes, sendo esta uma forma de aquisição indireta. Após a importação pode ser necessária a conversão de formatos de arquivos, como de .dwg para .shp. Como o Sistema Geodésico

Brasileiro está migrando de SAD69 para SIRGAS2000 e os dados obtidos por GPS podem estar em WGS84, é frequente a transformação de sistemas geodésicos. O Sistema Geodésico de Referência - SGR dos dados devem ser compatibilizados, sendo necessária, muitas vezes, sua conversão, bem como a projeção de coordenadas geográficas para UTM.

### 3.4 Interoperabilidade de Dados Espaciais

Uma das grandes problemáticas na construção da base de dados espaciais está na integração de dados, principalmente considerando a natureza heterogênea destas fontes. Existem quatro categorias de heterogeneidade entre fontes de dados: conceitual, modelagem espacial, estrutural e semântica (HAKIMPOUR 2003).

- **Conceitual:** Indica interpretações diferentes para o mesmo objeto. Exemplo disto é a malha rodoviária, que pode ser entendida como um conjunto de linhas conectadas ou conjuntos de nós e arcos multi-direcionados.

- **Modelagem Espacial:** Esta advém da forma física como certas classes de objetos são caracterizadas e representadas. Como exemplo pode-se citar os rios, estes podem ser representados tanto por suas linhas centrais quanto pela representação de sua lâmina d'água (Polígonos).

- **Estrutural:** Está relacionada ao formato de armazenamento nativo do sistema que deu origem aos dados. A exemplo pode-se ter um conjunto de dados vetoriais de ocupação urbana criados em um SIG e armazenados em formato *Shapefile* (.shp) e outro conjunto criado com programas de Desenho Assistido por Computador (*Computer-aided design*) - CAD e armazenados em formato *.dwg* (*Drawing Exchange Format*).

- **Semântica:** Refere-se aos diferentes tipos de dados classificados. Por exemplo, em determinado conjunto de dados a malha urbana de uma cidade pode ser classificada em local, coletora, arterial e trânsito rápido, já em outro conjunto de dados a mesma malha pode ser classificada em principal, local e de acesso.

Ainda tratando de heterogeneidade, para haver interoperabilidade de dados em SIG deve-se considerar características cartográficas das diferentes fontes de aquisição dos dados, como escala, resolução, métodos de compilação, precisão dos dados, características de sensores, unidades, atualidade e erros (EDWARD 2002).

Complementa-se, sobre heterogeneidade em SIG, a importância do Sistema Geodésico de Referência, do sistema de projeção cartográfica, do sistema de coordenadas, dos modelos de dados, da resolução espacial e temporal, da precisão e exatidão (FINN *et al.*, 2004).

Sobre a questão da interoperabilidade de bases de dados espaciais, baseando-se em pesquisas e experiências, pode-se chegar a uma série comum de procedimentos necessários para viabilizar a integração de dados de fontes variadas em uma única base de dados espaciais.

Os procedimentos de avaliação englobam a distribuição espacial, a análise da estrutura dos dados, a definição das transformações necessárias e por fim a integração dos dados.

- **Distribuição:** O conhecimento da área a ser mapeada é fundamental em qualquer estudo cartográfico. Portanto, deve-se distribuir os dados ao longo da área de estudo, permitindo assim avaliar se existem vazios cartográficos.

A Figura 1 mostra a distribuição das cartas náuticas no litoral do estado de Pernambuco, percebe-se que estas não recobrem todo o litoral e estão em diferentes escalas.

- **Estrutura:** A avaliação individual da estrutura dos dados permite definir os tipos de transformações que devem ser aplicadas aos dados para sua posterior integração. As informações necessárias são apresentadas na Tabela 2.

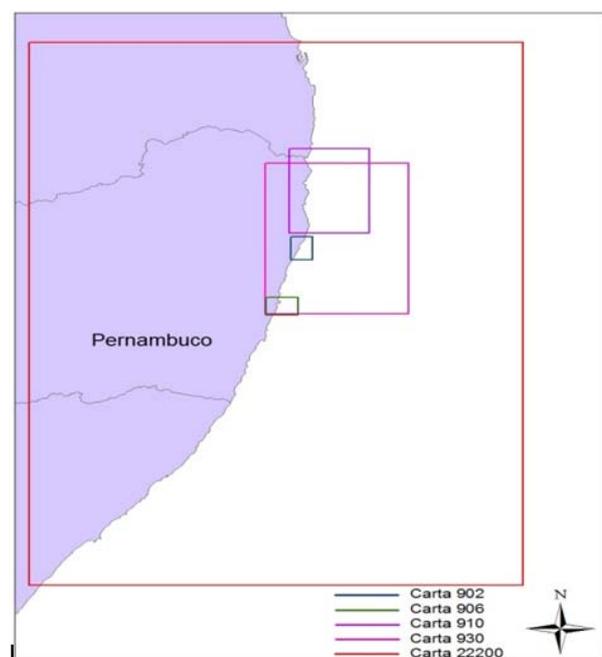


Fig. 1 - Cartas Náuticas que Recobrem o Litoral de Pernambuco.

Tabela 2 - Estrutura dos Dados

| Elemento         | Nome do Elemento em análise       |
|------------------|-----------------------------------|
| Formato          | Formato de armazenamento          |
| Fonte            | Fonte dos Dados                   |
| Escala           | Escala de Aquisição dos Dados     |
| SGR <sup>1</sup> | SGR do Elemento                   |
| Projeção         | Sistema de Projeção dos Elementos |
| Atributos        | Atributos dos Elementos           |

• **Transformações:** É a etapa mais complexa, pois além da necessidade de um conhecimento detalhado sobre as fontes de dados, também é necessário domínio sobre as técnicas de transformação para que sejam definidas as atividades a serem executadas na integração dos dados. Um esquema é uma boa forma de apresentação para esta avaliação, pois facilita a visualização e o controle das transformações. Existem diversas possibilidades de transformação que podem ser aplicadas em dados espaciais *e.g.*, Generalização Cartográfica, Transformação de Coordenadas, Georrefe-renciamento, Vetorização, dentre outros.

A Figura 2 exemplifica o procedimento de planejamento da transformação, no qual cartas náuticas, em formato raster, tem seus dados vetorizados e a partir destas são extraídas curvas batimétricas e pontos de batimetria.

• **Integração:** Nesta etapa são executadas as transformações definidas e os dados são finalmente integrados.

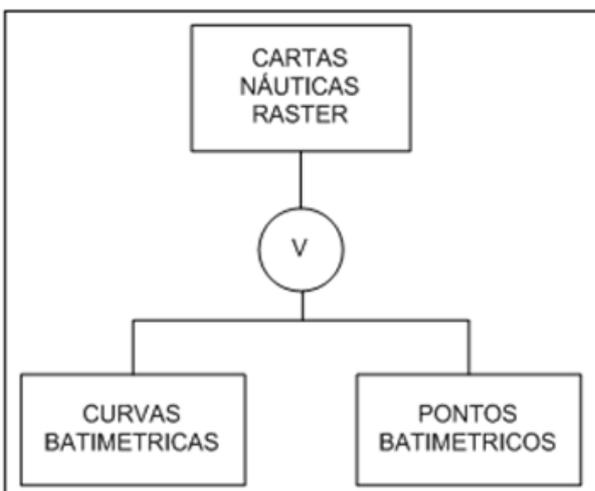


Fig. 2 - Definição das Transformações.

### 3.5 Modelagem de Dados Espaciais

Um modelo de dados é descrito como um conjunto de conceitos que servem para

descrever tanto a estrutura quanto as operações de um banco de dados (CAMARA 2001).

A Modelagem de Dados Espaciais é o processo pelo qual a estrutura fundamental de uma aplicação é abstraída e descrita, possibilitando entender e solucionar problemas sobre a integração de dados através da definição da estrutura final dos dados (SÁ, 2001). A criação de modelos focaliza a atenção nas características relevantes do sistema (YOURDON, 1990).

Existem diversas técnicas de modelagem de dados. A década de 90 marcou o início da técnica de modelagem com orientação a objetos, que vêm ganhando destaque (COAD e YOURDON, 1991). Parte da estrutura fundamental da modelagem orientada a objetos consiste na compreensão de como representar o, assim chamado, mundo real, definindo seus objetos como classes e estruturando suas relações (CAMARA, 2001).

Neste Trabalho, optou-se por utilizar a técnica de modelagem de dados OMT-G, apresentado por BORGES (1997).

## 4. ELABORAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS ESPACIAIS PARA CARTAS SAO

No âmbito desta pesquisa, uma série de procedimentos foi adotada para criação das cartas SAO para o litoral de Pernambuco, estes são descritos a seguir:

### 4.1 Identificação das Fontes de Dados

Os dados empregados nesta pesquisa são oriundos de quatro fontes principais:

- Plantas topográficas cadastrais foram obtidas junto a Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco - FIDEM/CONDEPE;
- cartas náuticas obtidas junto a Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN;
- banco de dados com informações levantadas em campo sobre os recursos socioeconômicos, biológicos e o ISL, sendo este estabelecido pelos pesquisadores do Departamento de Oceanografia da UFPE; e
- imagens de satélite Quickbird, adquiridas para cobrir as áreas onde foi identificada a existência de vazios cartográficos.

A área total mapeada durante esta pesquisa é apresentada na Figura 3. No levantamento inicial dos documentos cartográficos existentes, foi observado que existiam vazios cartográficos ao



Fig. 3 - Litoral de Pernambuco.

Norte e ao Sul no litoral de Pernambuco, definidas pela Zona B da Figura 3. A Zona A, ao centro, encontra-se mapeada pelas cartas de nucleação. Para a zona C, a região submersa, foram empregadas as cartas náuticas 902, 906, 910, 930 e 22200, cujas escalas são 1:15 000, 1:15 000, 1:55 000, 1:100 000 e 1:300 000 respectivamente.

O vazio cartográfico foi identificado na etapa de avaliação da distribuição espacial. Para o mapeamento destas áreas foram adquiridas imagens de satélite.

As imagens foram georreferenciadas pela equipe do Laboratório de Tecnologias da Geoinformação do Departamento de Engenharia Cartográfica. Para tanto, foram executados levantamentos geodésicos de precisão nas zonas A e B, Figura 3. Na região Norte foram levantados

18 pontos para o georreferenciamento da imagem, obtendo-se um desvio padrão médio de aproximadamente 1,12cm. Para a região Sul, foram levantados 29 pontos para o georreferenciamento, obtendo-se um desvio padrão médio de aproximadamente 1,35cm. Posteriormente, foi executado o processo de vetorização destas imagens.

O banco de dados preenchido pela equipe do Departamento de Oceanografia não tratava-se de um banco de dados espaciais. Foi necessário extrair os dados do mesmo e convertê-los em dados espaciais em um ambiente de SIG.

#### 4.2 Estrutura dos Documentos Cartográficos

As tabelas de 3 a 6 são referentes a estrutura das fontes de dados.

Tabela 3 - Características das Imagens de Satélite

| Elemento | Imagens de Satélite |
|----------|---------------------|
| Formato  | GEOTIFF             |
| Fonte    | Satélite Quickbird  |
| Escala   | Até 1:1.000         |
| SGR      | WGS 84              |
| Projeção | UTM Zona 25S        |

Tabela 4 - Características das Cartas de Nucleação

| Elemento | Cartas de Nucleação |
|----------|---------------------|
| Formato  | DWG                 |
| Fonte    | FIDEM               |
| Escala   | 1:20.000            |
| SGR      | SAD 69              |
| Projeção | UTM zona 25S        |

Tabela 5 - Características das Cartas Náuticas

| Elemento | Cartas Náuticas  |
|----------|--|
| Formato  | TIFF   |
| Fonte    | Marinha do Brasil  |
| Escala   | 902 = 1:15.000, 906 = 1:15.000, 910 = 1:55.000, 930 = 1:100.000 e 22200 = 1:300.000  |
| SGR      | 902 = Córrego Alegre, 906 = WGS84, 910 = Córrego Alegre, 930 = WGS84 e 22200 = WGS84 |
| Projeção | UTM Zona 25S   |

Tabela 6 - Características do Banco de Dados

| Elemento | Banco de Dados                                    |
|----------|---|
| Formato  | MDB   |
| Fonte    | Departamento de Oceanografia UFPE                 |
| Escala   | 1:50 000 (de acordo com o receptor GPS empregado) |
| SGR      | WGS84   |
| Projeção | UTM Zona 25S                                      |

### 4.3 Definição das Transformações dos Dados

Com base na estrutura dos dados e no modelo de dados adotado, foi formulado um esquema com as transformações adotadas em cada conjunto de dados, de modo a compatibilizá-los.

O esquema das transformações pode ser observado nas figuras de 4 a 6.

### 4.4 Execução das Transformações

Com base nas transformações definidas (sessão 4.3), cada conjunto de dados foi tratado separadamente, de acordo com suas necessidades específicas, conforme detalhado nos tópicos a seguir.

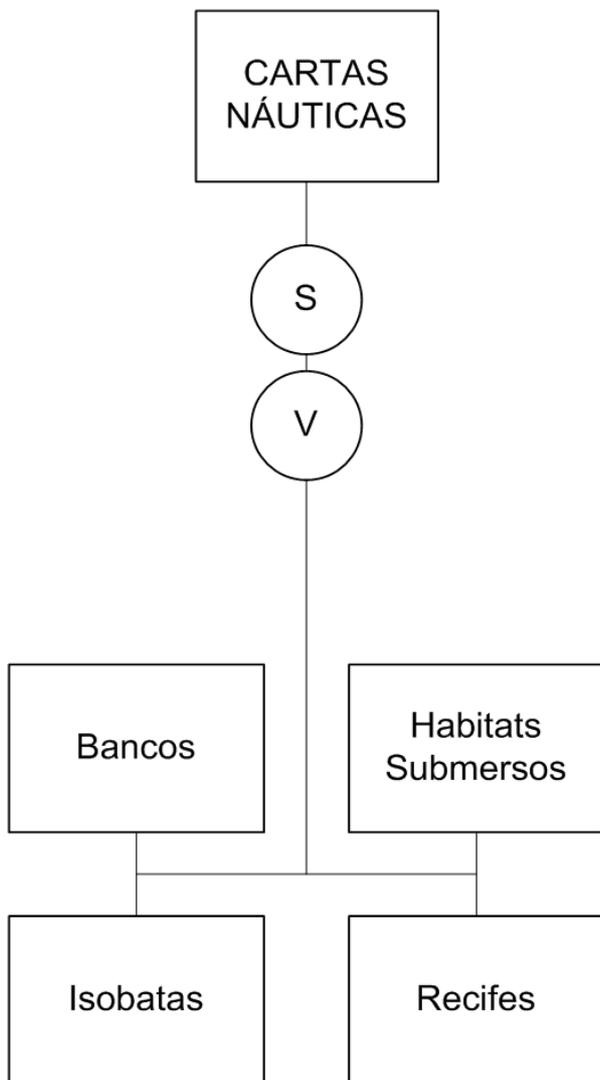


Figura 4 - Transformações das Cartas Náuticas: **S** - Transformação de SGR e **V** - Vetorização

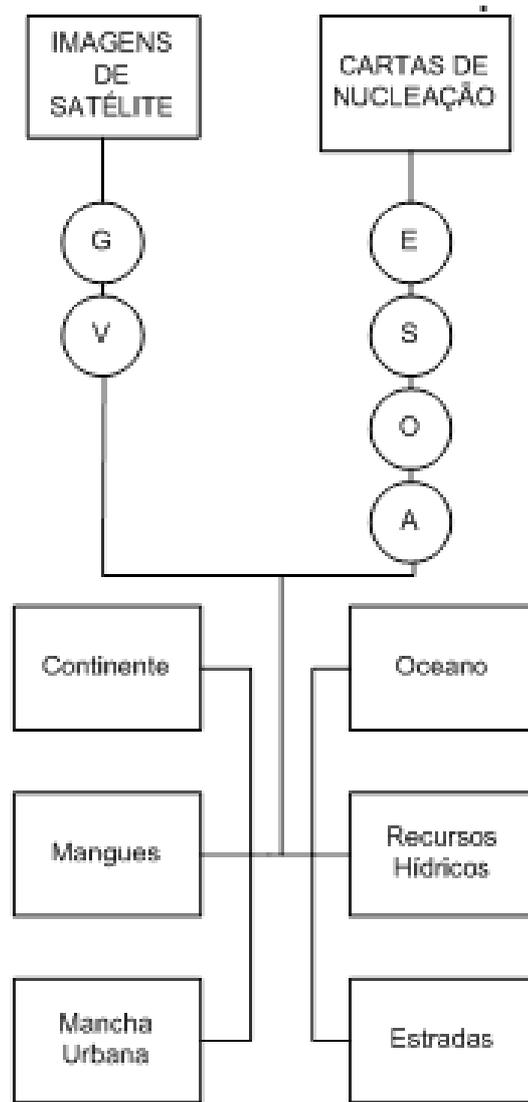


Figura 5 - Transformações das Imagens de Satélite e das Cartas de Nucleação:

- G** - Georreferenciamento,
- V** - Vetorização,
- E** - Transformação estrutural,
- S** - Transformação de SGR,
- O** - Seleção de Objetos e
- A** - Generalização

#### 4.4.1 Cartas Náuticas

Por serem documentos cartográficos sistemáticos e oficiais foram as que necessitaram de menos transformações para aquisição dos dados. Antes da vetorização, foi executada a transformação de SGR de para Sirgas 2000. Desta fonte foram extraídos dados sobre: isóbatas, recifes de coral, recifes areníticos, bancos de algas, bancos de lama, bancos de areia e a linha de costa.

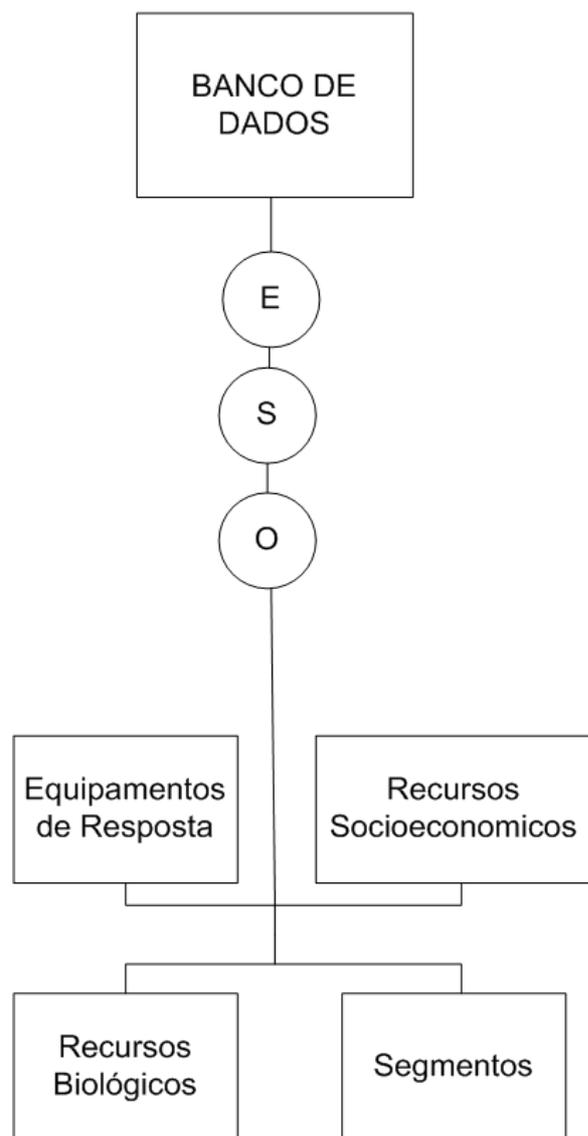


Figura 6 - Transformações do Banco de Dados:

**E** - Transformação estrutural,

**S** - Transformação de SGR,

**O** - Seleção de Objetos

#### 4.4.2 Cartas de Nucleação

Originalmente armazenadas em arquivos vetoriais gerados a partir de CAD. O processo de conversão dos arquivos em .dwg para o .shp foi mais complexo que a vetorização das cartas náuticas pois, dentre outros problemas encontrados, observou-se que havia inconsistências como sobreposição de linhas, descontinuidade na ligação das cartas e a presença de elementos incompletos. Questões que foram sanadas no ambiente CAD antes de migrar os dados para o ambiente SIG.

As cartas de nucleação forneceram os dados: manchas urbanas, estradas, hidrografia, continente, mangues e a linha de costa.

#### 4.4.3 Imagens de Satélite

As imagens de satélite *quickbird* utilizadas por algumas transformações antes de serem empregadas, como mosaicagem e georeferenciamento. Para tanto, foi necessária a execução de levantamentos de campo utilizando receptores GPS geodésicos. Os dados vetorizados foram os mesmos das cartas de nucleação.

Além do mesmo conjunto de feições obtidos a partir das cartas de nucleação, também foram vetorizados dados sobre habitats submersos visíveis.

#### 4.4.4 Banco de Dados

A equipe do Departamento de Oceanografia da UFPE foi responsável por executar um levantamento, ao longo de todo o litoral pernambucano, que forneceu dados sobre os recursos socioeconômicos e ambientais. Na construção do banco de dados foi necessário definir tabelas para espacialização dos dados.

Deste banco de dados foram extraídas as informações referentes ao ISL, recursos biológicos, recursos socioeconômicos e os equipamentos de resposta a derramamento.

### 5. RESULTADOS

A base de dados espaciais é composta por um conjunto de 18 feições, *e.g.* Isobatas e Segmentos e 6 tabelas *e.g.* Fontes de informação.

Conforme mencionado (sessão 3.5), optou-se por modelar o banco de dados espaciais utilizando a técnica orientada a objetos OMT-G. O modelo final possui cerca de 17 páginas de detalhamento. O mesmo está presente em VALDEVINO (2010).

A Figura 7 ilustra o produto gerado depois desta pesquisa, o porto de Suape dentro das especificações das cartas SAO.

Uma versão reduzida do modelo pode ser vista na Figura 8, e a estrutura de uma das tabelas que compõe este modelo é apresentada na Tabela 7, que representa a feição “Segmentos” que armazena, entre outros dados, o ISL do Segmento correspondente.

### 6. Conclusões

Como o banco de dados utilizado para armazenar as informações de campo, não foi modelado visando a sua utilização em um SIG, a conversão dos dados foi um processo demorado



Tabela 7 - Estrutura da Feição “Segmentos”

| Classe     | Tabela       | Descrição  |  | Primitiva Geométrica |
|------------|--------------|--|--|----------------------|
| SEGMENTOS  | SEGMENTO     | Apresenta Informações Sobre Todos os Segmentos da Linha de Costa |  | _____                |
| Atributo   | Tipo         | Tam  | Descrição  |                      |
| COD_SEG    | Alfanumérico | 10   | Código Identificador do Segmento                     |                      |
| AREA       | Alfanumérico | 20   | Area de Estudo                                       |                      |
| NOME_MAPA  | Alfanumérico | 20   | Denominação em Fonte Oficial                         |                      |
| NOME_LOCAL | Alfanumérico | 20   | Denominação Local                                    |                      |
| E_OBS      | Numérico     | 15   | Coordenada E para o Ponto de Observação              |                      |
| N_OBS      | Numérico     | 15   | Coordenada N para o Ponto de Observação              |                      |
| DATA_OBS   | Alfanumérico | 10   | Data de Observação                                   |                      |
| SENSIBILID | Alfanumérico | 5  | Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) no Segmento |                      |
| CONSERV    | Alfanumérico | 50   | Estado de Conservação da Feição e da Vegetação Local |                      |
| COMP_OLEO  | Alfanumérico | 50   | Comportamento Potencial do Oleo na região            |                      |
| COMENTARIO | Alfanumérico | 100  | Comentários sobre a Região                           |                      |
| TIPO_ARRE  | Alfanumérico | 20   | Tipo de Arrebentação das Ondas no Segmento           |                      |
| ALT_ARRE   | Alfanumérico | 10   | Altura de Arrebentação das Ondas no Segmento         |                      |
| LAR_SURFE  | Alfanumérico | 10   | Largura da Zona de Surfe                             |                      |
| DECL_PRA   | Alfanumérico | 10   | Declividade da Praia                                 |                      |
| D_FAC_PRA  | Alfanumérico | 10   | Declividade da Face de Praia                         |                      |
| LAR_PRAIA  | Alfanumérico | 10   | Largura da Praia                                     |                      |
| ALT_BERMA  | Alfanumérico | 10   | Altura da Berma                                      |                      |
| TIPO_SUBS  | Alfanumérico | 30   | Tipo de Substrato                                    |                      |
| OBS_SUBS   | Alfanumérico | 50   | Observações sobre os Substratos                      |                      |
| NOME_PRAIA | Alfanumérico | 30   | Nome da Praia  |                      |
| DIR_COR_IN | Alfanumérico | 10   | Direção da Corrente litorânea de Inverno             |                      |
| INT_COR_IN | Alfanumérico | 10   | Intensidade da Corrente Litorânea de Inverno         |                      |
| DIR_COR_VE | Alfanumérico | 10   | Direção da Corrente litorânea de Verão               |                      |
| INT_COR_VE | Alfanumérico | 10   | Intensidade da Corrente Litorânea de Verão           |                      |
| DIR_DER_LI | Alfanumérico | 10   | Direção da Deriva Litorânea                          |                      |
| AMP_MARE   | Alfanumérico | 10   | Amplitude de Maré em Metros                          |                      |

e caro para o projeto. Tempo e custos que poderiam ter sido economizados com a adoção de um modelo de dados espaciais.

Um SIG pode ser uma ferramenta valiosa para as ações imediatas de resposta a derrames de óleo, portanto deveria ser previsto a sua adoção, por parte do MMA, para os planos de área, em conjunto com as cartas SAO.

A sistematização do processo decisório de conversão de dados facilita o acompanhamento das atividades bem como a documentação dos procedimentos adotados.

A pesquisa tinha como objetivo gerar uma base cartográfica em escala compatível com o mapeamento em nível operacional das cartas SAO (escala  $\geq 1:50\ 000$ ). Apesar de alguns dados estarem com escala abaixo do esperado, estes não interferiram na qualidade do produto final, pois as informações mais importantes das cartas, como a segmentação do litoral, estavam em escala compatível como produto gerado.

O objetivo da pesquisa foi atingido, porém apenas o litoral Pernambucano continental e a Ilha de Itamaracá fizeram parte deste projeto. Para que o litoral Pernambucano inteiro esteja, de fato, com sua sensibilidade mapeada, deve haver um novo esforço na forma da criação das cartas SAO referentes a ilha de Fernando de Noronha.

As cartas SAO são instrumentos que visam a agilidade na resposta a derramamento de Petróleo e derivados. É previsto que estes documentos sejam disponibilizados na Internet, para tanto uma aplicação em WebGIS para cartas SAO seria ideal para disseminação destas, pois além de expor as informações, uma aplicação desta natureza contém algumas das funcionalidades de manipulação de dados de um SIG.

Dentre as fontes de dados empregadas, as cartas de Nucleação são as que apresentavam maior defasagem em termos temporais. Como as informações urbanas utilizadas eram bastante generalizadas, considerando a escala empregada,

e.g. manchas urbanas, isto não afetou o produto final. Um ponto importante que continua pendente é a atualização do mapeamento. Pois, a construção das Cartas SAO refere-se a um intervalo de tempo e as mudanças antrópicas que ocasionam mudanças nos ecossistemas da região são bastante dinâmicas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores Caio Cesar de Araújo Barbosa e Tathiana Lima Vasconcelos, ao Laboratório de Tecnologias da Geoinformação do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE, a PETROBRAS pelo financiamento desta pesquisa e ao Departamento de Oceanografia da UFPE e a Prof<sup>ª</sup>. Tereza Cristina Araújo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, S.I.; Silva, G.H; Muehe, D. 2000. **Minuta do Manual Básico para Elaboração de Cartas de Sensibilidade no Sistema PETROBRAS**. 170p.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: DL Publications, 1989. 249p.
- BACKSTROM, J.T., JACKSON, D.W.T, COOPER, J.A.G. **Shoreface Dynamics of Two High-Energy Beaches in Northern Ireland**. In: *Journal of Coastal Research*. Austrália. *Special Issue* 50, 2007, p. 594-598. Disponível em: <<http://www.science.ulster.ac.uk/ccmr/cmr/ics112.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2009
- BURROUGH, P. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendon Press, 1986. 193p.
- CÂMARA, G., BORGES, K. **Modelagem de Dados Geográficos**. In: CÂMARA, G.; DAVIES, C., *et al*, (Ed.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 128p
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. 1996. 168p.
- CARVALHO, P. C. M., AQUÍAR JÚNIOR, J. S., JUCÁ, S. C. S., BORGER NETO, M. R., SANTOS, M. A. **Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para Energias Renováveis**. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS, 1., 2007, fortaleza. Disponível em <<http://www.ifpb.edu.br/arquivos/GPPI/sig.pdf>>. acesso em: 15 jul. 2009.
- COAD, P., YOURDON, E. **Object-Oriented Analysis**. 2nd Edition. Yourdon Press. 1991. 170p.
- EDWARD, D., SIMPSON, J. Integration and access of multi-source vector data. In: **Symposium of Geospatial Theory, Processing and application**, Ottawa, Canada. 2002. 8p;
- FINN, M. P., USERY, E.L., STARBUCK, M., WEAVER, B. and JAROMACK, G.M., Integration of The National Map. In: **XXth Congress of the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing**, 20., 2004., Istanbul, Turkey, Disponível em: <[http://carto-research.er.usgs.gov/data\\_integration/pdf/integrationsISPRS.pdf](http://carto-research.er.usgs.gov/data_integration/pdf/integrationsISPRS.pdf)>. Acesso em: 2 jun. 2010.
- GHERARDI, D.F.M., CABRAL, A.P., KLEIN, A.H.F., MUEHE, D.C.E.H.; NOERNBERG, M.A., TESSLER, M.G., SARTOR, S.M. 2008., **Mapeamento da Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos**. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology. 12(2): 11-31.
- HAKIMPOUR, F. (2003). **Using Ontologies to Resolve Semantic Heterogeneity for Integrating Spatial Database Schemata**. Tese (PHD em Ciências da Matemática) Zurich University, Zurich, 2003. 411p.
- HOHL, P., **GIS Data Conversion: Strategies, Techniques and Management**. Onword Press, 1998. 411p.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; GARAFFA, I. M. **Modelos conceituais de dados para aplicações geográficas: uma experiência com um SIG interinstitucional**. In: Anais do IV Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 4, São Paulo, Brasil, 4-6 nov. 1997. 10p.
- MMA **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambi-**

ental para derramamentos de óleo. MMA. 2004. 108 p.

SÁ, L. A. C. M. de. **Modelagem de Dados Espaciais para Sistemas de Informação Geográfica: Pesquisa na Emergência Médica.** Tese de Doutorado. Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. 102p.

SILVA, A. F. da., KLEIN., A. H. F., PETERMANN, R. M., MENEZES, J. T. de; SPERB, R. M., GHERARDI, D. F. M. Índice de sensibilidade do litoral (ISL) ao derramamento de óleo para a Ilha de Santa Catarina e áreas do entorno. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 12, p. 73-89. 2008.

VALDEVINO, D.S., **Modelagem de Dados Espaciais, no Padrão OMT-G, para Cartas de**

**Sensibilidade Ambiental ao Óleo. Dissertação de Mestrado.** Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. 92p.

WIECZOREK, A. **Mapeamento de Sensibilidade a Derramamentos de Petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso - PEIC e Áreas do Entorno.** Mestrado em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filhos. Rio Claro. São Paulo. 2006. 132p.

YOURDON, E. **Análise Estruturada Moderna.** 3ª Ed. Trad. Dalton C. de Alencar. Rio de Janeiro: Campus, 1990. 838p.